

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA - AMBIENTALE - IDROGEOLOGIA
Dott. Sergio Drago
GEOLOGO

**REGIONE VENETO – PROVINCIA DI VICENZA
COMUNE DI VAL LIONA**

**PROGETTO
INTERVENTO SULLA RETE METEORICA
IN VIA CORRUBBIO**

**ELABORATO
RELAZIONE GEOLOGICA**

DATA:
maggio 2020

COMMESSA:
019.geo/2020

**COMMITTENTE
*Comune di Val Liona***

Dott Geol. Sergio Drago



Dott. Geol. Sergio Drago - Via Piovega 41b - 35010 Borgoricco (PD)
Mob: 347.7206547 - Fax: 049.9335590 - mail: geologia.drago@gmail.com
P.IVA 04847730282

INDICE

1. <i>PREMESSA</i>	2
2. <i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO</i>	4
2.1 Geologia e Geomorfologia	6
2.2 Idrogeologia	10
2.3 Geomorfologia	13
3. <i>VINCOLI E PRESCRIZIONI URBANISTICHE DI NATURA GEOLOGICA</i>	15
4. <i>INQUADRAMENTO SISMICO GENERALE DELL'AREA</i>	19
5. <i>DETERMINAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E CONSIDERAZIONI RELATIVE ALLA LIQUEFAZIONE</i>	21
5.1 Indagine geofisica HVSr 1	23
5.2 Indagine geofisica HVSr 2	29
5.3 Liquefazione	35
6. <i>INDAGINI IN SITO – PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE</i>	37
6.1 Ricostruzione lito-stratigrafica.....	42
7. <i>DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI TERRENI SULLA BASE DELLE INDAGINI IN SITO</i>	44
8. <i>VALIDAZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO GENERALE</i>	46
8.1 Tratto Via Corrubbio	46
8.2 Tratto Strada privata	49
9. <i>CONCLUSIONI</i>	52

1. PREMESSA

Per incarico del Comune di Val Liona si redige la presente relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica dei terreni delle aree interessate dalla progettazione definitiva ed esecutiva del progetto denominato “Intervento sulla rete meteorica di via Corrubbio”

L'ipotesi di progetto prevede lo spostamento della rete meteorica, la dismissione dello scarico esistente e la realizzazione di un nuovo punto di scarico; la nuova condotta è stata prevista in PRFV con DN 400 mm

La relazione mira a delineare il modello geologico e geotecnico del terreno investigato, evidenziando eventuali aspetti e criticità che possano incidere sulla corretta progettazione.

Gli elementi del presente studio geologico sono ricavati dall'esecuzione di n. 4 prove penetrometriche dinamiche DPSH e da informazioni bibliografiche, in particolare da studi geologici a livello provinciale, comunale e da quanto osservato nel corso di sopralluoghi nelle aree di indagine.

Sono state inoltre eseguite n. 2 indagini geofisiche per mezzo di tromografo digitale al fine di integrare i dati stratigrafici e definire i parametri sismici del terreno (V_s30 , frequenza di risonanza).

L'indagine è stata inoltre svolta in ottemperanza a quanto disposto dalle seguenti normative:

- ✓ decreto Ministeriale 17/01/2018, recante: “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»”;
- ✓ per gli aspetti di sismicità dell'area si è fatto riferimento alle Ordinanze della Presidenza del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003 e n°3519 del 28/04/2006;
- ✓ si è inoltre fatto riferimento alla Delibera di Giunta Regione Veneto n° 3308 del 04/11/2008: “Applicazione delle nuove norme tecniche sulle costruzioni in zona sismica. Indicazioni per la redazione e verifica della pianificazione urbanistica”;
- ✓ le prove di campagna sono invece state svolte secondo le norme A.G.I. (1977) relative all'esecuzione delle indagini geotecniche.

Al presente documento sono allegati i seguenti elaborati:

- ALLEGATO 1 – PLANIMETRIE
 - ✓ Planimetria con l'ubicazione delle prove penetrometriche effettuate
- ALLEGATO 2 – ELABORAZIONE DPSH
 - ✓ Rapporti di prova riportanti il diagramma che illustra il numero di colpi alle varie profondità, i valori di resistenza alla punta (Rpd) e stima stratigrafica;
 - ✓ Proposta di parametri geotecnici dei terreni, attraversati durante le prove penetrometriche, calcolati in relazione ai dati prodotti dalle prove penetrometriche

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Come detto, l'area di indagine è inserita all' interno del territorio comunale di Val Liona che si trova all'interno dell'area dei Colli Berici ed ha riunito gli ambiti comunali di Grancona e San Germano dei Berici.

Nel dettaglio Via Corrubbio si colloca in località Grancona, sul versante sud-orientale del Monte Mazzabo (227 m slm), sopra l'abitato di Pederiva. (fig. 1).

Nella cartografia regionale l'area è inquadrata nel foglio 125140 "Grancona" (fig. 2).

L'inquadramento riportato di seguito è stato eseguito tramite una ricerca bibliografica specifica relativa alla zona di pertinenza del progetto.



Fig. 1 Ripresa aerea con indicazione approssimativa del tracciato in progetto (Google Earth)

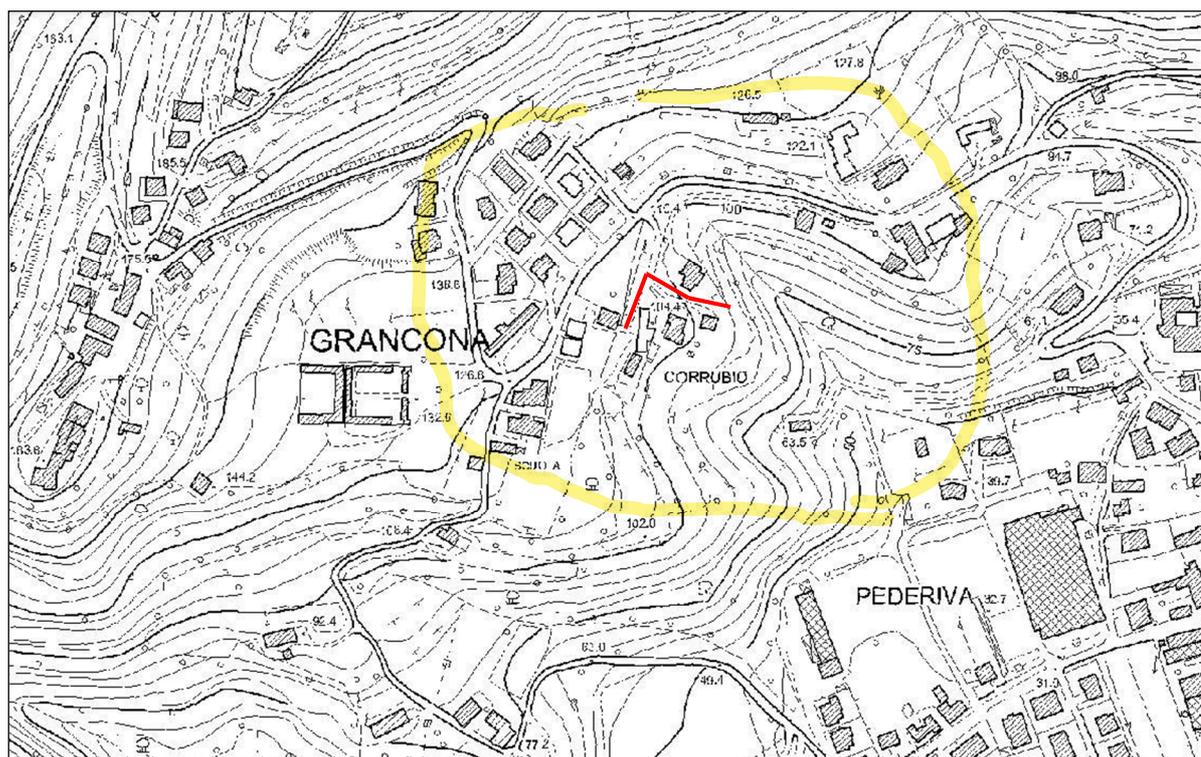


Fig. 2 Estratto Foglio 125140 "Grancona" CTR 1:10.000 con indicazione approssimativa del tracciato in progetto

2.1 Geologia e Geomorfologia

Dal punto di vista geologico generale ci troviamo all'interno del complesso Collinare dei Colli Berici,

I Monti Berici costituiscono un altopiano formato prevalentemente da rocce sedimentarie di natura calcarea a giacitura suborizzontale o poco inclinate, profondamente inciso dalle Valli Liona e del Gazzo a SW e dalle valli di Fimon a NE.

La serie stratigrafica comprende terreni che vanno dal Cretaceo Superiore al Miocene. Le rocce più antiche, affioranti soprattutto nei rilievi all'estremità meridionale dei Berici, sono rappresentate da calcari di colore roseo fittamente stratificati con una potenza di circa 80 m, denominati "Scaglia Rossa" (Cretaceo Superiore – Eocene Inferiore).

La successione continua verso l'alto con marne argillose grigie e calcareniti (60 m), con stratificazione regolare di 10-30 cm (Eocene Medio), e con le grosse bancate di calcari nummulitici massicci di colore bruno giallastro la cui potenza raggiunge i 100 m (Eocene Medio).

La serie successiva è rappresentata da calcari, calcari marnosi e marne dell'Eocene Superiore, una sequenza molto variabile sia verticalmente che orizzontalmente con una potenza complessiva di 100 – 150 m. La quasi totalità degli altipiani sommitali dei Colli Berici è costituita da calcari grossolani nulliporici (Oligocene) di colore giallo chiaro, regolarmente stratificati, con una potenza di 150 – 200 m.

Entro le marne eoceniche o al tetto dei calcari oligocenici possono essere localmente presenti intercalazioni tufacee, oppure brecce di riempimento di camini vulcanici che attraversano in discordanza la serie sedimentaria.

Osservando l'estratto della carta litologica del PTCP di seguito riportato (fig. 3), si osserva che l'area di indagine si colloca al passaggio tra "rocce compatte stratificate" (colore marrone scuro) e rocce compatte prevalente alternate strati o interposizioni tenere.

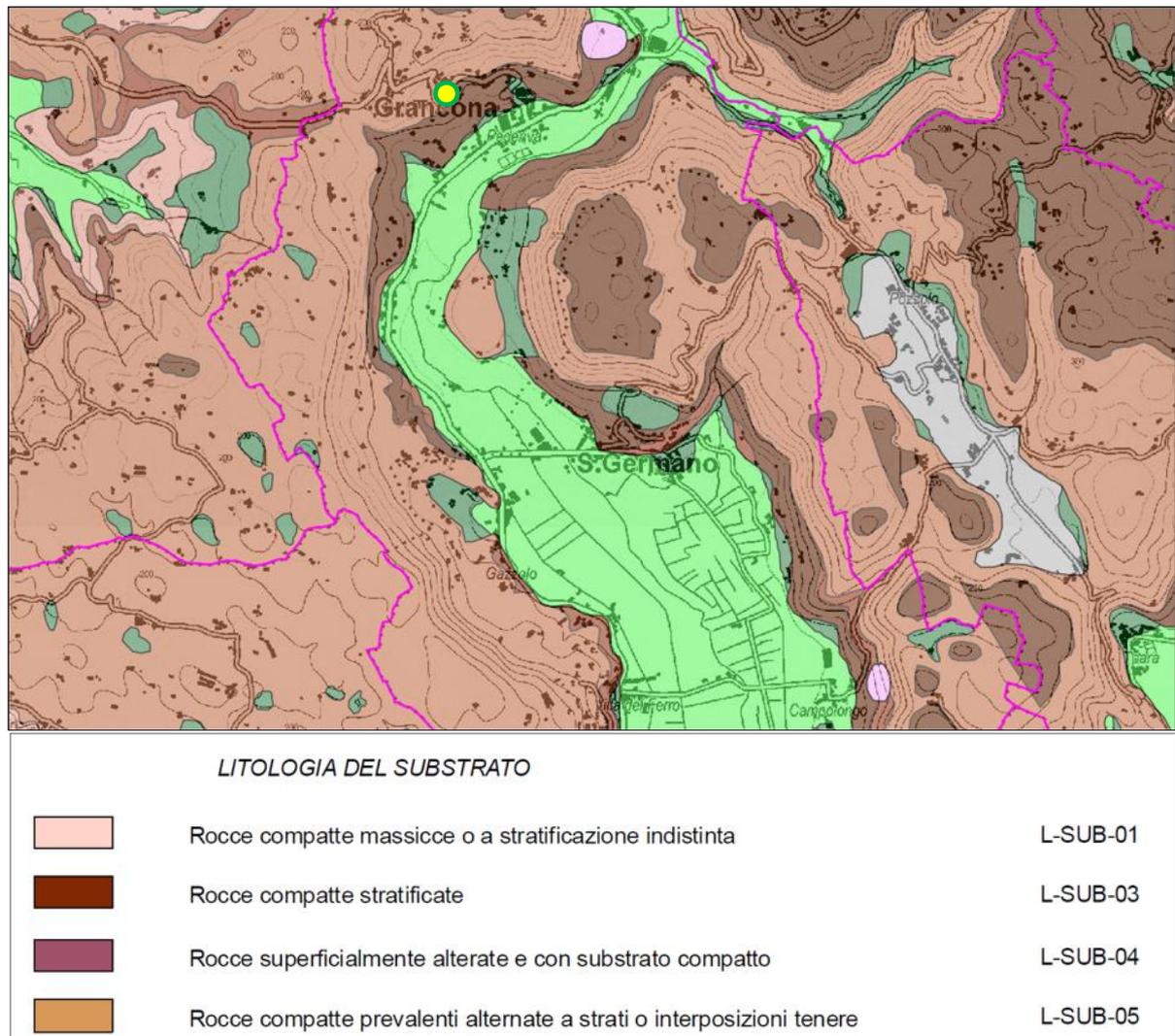


Fig. 3 Estratto Carta Geologica PTCP Vicenza con evidenziate l'area di indagine

Ciò viene confermato dallo Carta Geolitologica del PAT che, con una scala a maggior dettaglio, fornisce un quadro dell'assetto lito-stratigrafico superficiale dei terreni del territorio comunale.

Anche qui, nell' intorno dell'area di indagine, viene indicato il passaggio tra ROCCE COMPATTE STRATIFICATE e ROCCE COMPATTE PREVALENTI ALTERNATE A STRATI O INTERPOSIZIONI TENERE appartenenti alla Formazione di Priabona.

Come descritto nella Relazione Geologica del PAT comunale:

“ROCCE COMPATTE STRATIFICATE / ROCCE COMPATTE PREVALENTI ALTERNATE A STRATI O INTERPOSIZIONI TENERE (Formazione di Priabona - Eocene sup.): suddivisibili in 4 parti, dal più antico al più recente, esse sono formate da una fitta alternanza di marne, da grigio-blu a grigio-verdastre, e da livelli calcareo-marnosi; seguono calcari massicci biancastri e

calcari micritici, talora argillosi; calcareniti marnose fittamente stratificate grigie e grigio-giallastre, con calcari massicci discordanti depositi in canali di erosione; infine, calcareniti con livelletti marnosi, più o meno massicce alla base, e irregolarmente stratificate al tetto.”

Come detto, il substrato roccioso risulta coperto da materiale eluvio-colluviale avente spessore variabile; tale materiale risulta costituito da frammenti lapidei a pezzatura eterogenea immersi in una matrice a tessitura prevalentemente argillosa.

In corrispondenza degli insediamenti antropici sono presenti localmente accumuli di riporto alloctono utilizzati in aree in cui si è reso necessario rimodellare il profilo naturale del pendio a fini edificatori e di urbanizzazione.

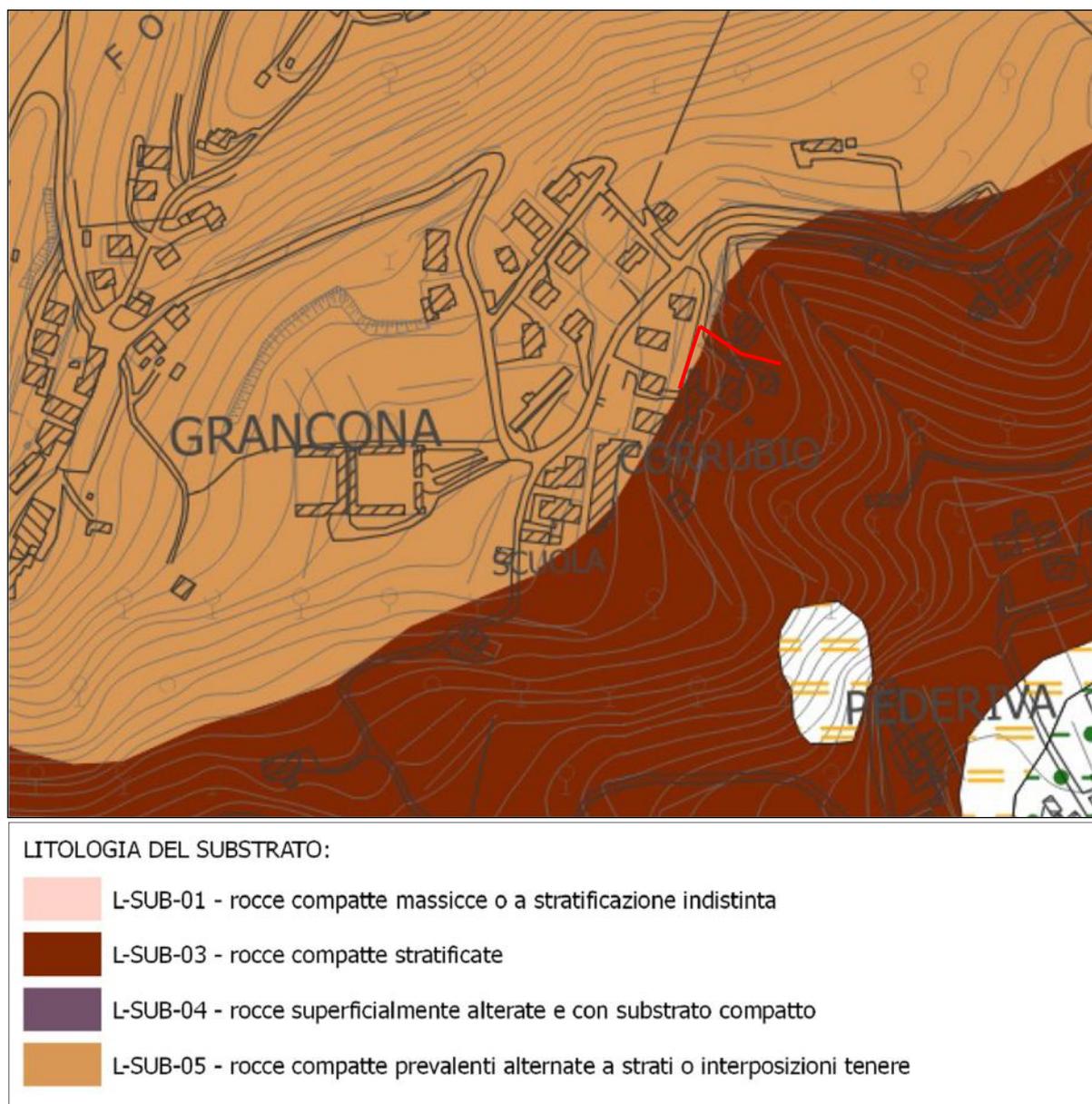


Fig. 4 Estratto Carta Geologica PAT comunale con indicazione approssimativa del tracciato in progetto

2.2 Idrogeologia

Per quanto riguarda l'idrogeologia del territorio comunale, nell'area di pianura si osserva la presenza di una falda freatica nel complesso delle alluvioni fini, generalmente a bassa impermeabilità: questo complesso può localmente inglobare lenti o livelli sabbiosi e sabbioso-limosi, interpretabili come sedimenti connessi ad antichi alvei o coni di rotta.

Più complessa risulta invece la situazione idrogeologica più profonda: il materasso alluvionale risulta costituito da materiali sciolti a granulometria variabile, la cui distribuzione spaziale è molto irregolare, in quanto legata alle fasi deposizionali fluvio-glaciali atesine prima, lessinee poi, che si sono succedute con modalità diverse. Si passa quindi da livelli impermeabili, costituiti da terreni limosi-argillosi, a livelli permeabili per porosità, costituiti da ghiaie sabbiose e sabbie, sede di falda acquifera. Il modello idrogeologico del sottosuolo appare costituito quindi da più falde sovrapposte.

“Nella zona della Val Liona esiste un acquifero posto tra 80÷90 metri di profondità.

Esiste anche un acquifero tra i 20 e i 25 metri che presenta valori di concentrazione dello ione ferro superiore sei volte al limite consentito. Inoltre si trovano Boro e Magnesio e presenza di metano.

Stratigrafia tipo della zona della Val Liona:

- 1 metro di suolo argilloso
- 3 metri di sabbie fini e limose
- 15 metri di argille torbose
- 5 metri di sabbie
- 65 metri di argille e limi
- 10 metri di sabbie”

(Rapporto Ambientale preliminare – PAT Val Liona)

“Per quanto riguarda l'area collinare, dipende dalle caratteristiche dei calcari e dall'andamento delle precipitazioni meteoriche: le rocce calcaree e calcareo – marnose costituenti la maggior parte dei rilievi del territorio comunale sono dotate di una permeabilità “in grande” (secondaria) dovuta ai fenomeni carsici ed al loro stato di fratturazione.

Le caratteristiche di permeabilità delle rocce calcaree costituenti le zone collinari sono tali da permettere la formazione di un serbatoio capace di ricevere e rilasciare le acque

meteoriche in profondità secondo un moto di tipo verticale. Le intercalazioni di altra natura, generalmente poco permeabili, costituiscono il letto di questo bacino e tamponano la circolazione idrica sotterranea indirizzando la “falda” secondo una via che trova nelle sorgenti la parziale conclusione del suo percorso.

(Rapporto Ambientale preliminare – PAT Val Liona)

Nel territorio comunale sono presenti varie sorgenti e “fontane”, anche in prossimità dell’area di indagine è presente la sorgente “Fontana Corrubbio” il cui flusso viene raccolto in una vasca e poi rilasciato nella vallecchia sottostante.

La presenza di sorgenti è favorita dai passaggi di litologici tra formazioni a diverso grado di fratturazione.

Le intercalazioni di altra natura, generalmente poco permeabili, costituiscono il letto di questo bacino e tamponano la circolazione idrica sotterranea indirizzando la “falda” secondo una via che trova nelle sorgenti la parziale conclusione del suo percorso. Il tampone può essere costituito dai basalti presenti al letto delle Marne di Priabona o intercalati ai Calcari Nummulitici o da alcune stratificazioni impermeabili incluse nelle Marne stesse: l’emergenza dell’acqua può quindi avvenire in diversi punti dello “strato tampone” in quanto la circolazione verticale può continuare lungo fessure o fratture che creano delle vie preferenziali allo scorrimento dell’acqua (Relazione Geologica PAT Grancona).

Anche la “Fontana Corrubbio” si colloca infatti in una zona di passaggio tra ammassi rocciosi con diverso grado di fratturazione come precedentemente descritto.

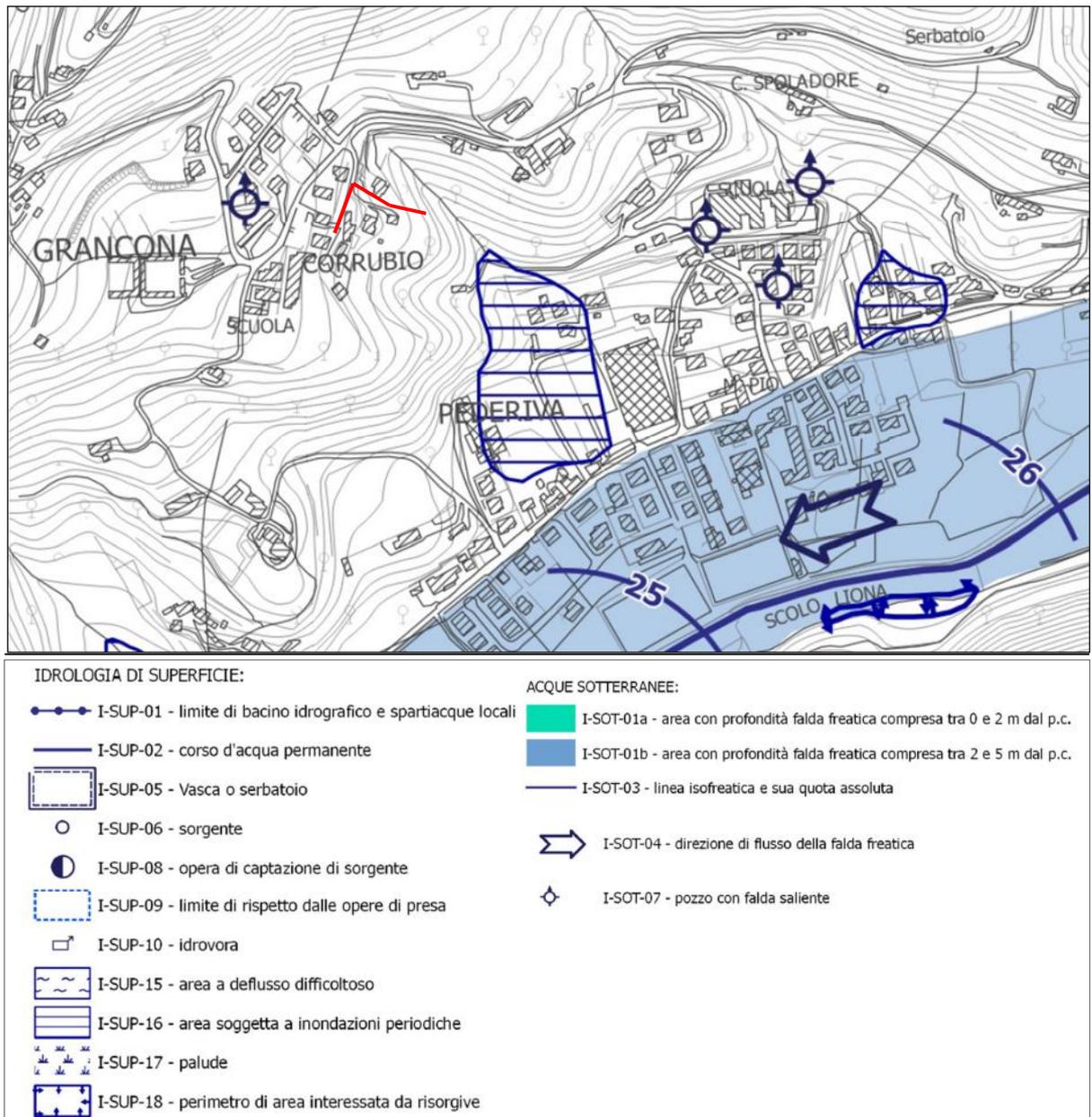


Fig. 5 Estratto Carta Idrogeologica PAT comunale con indicazione approssimativa del tracciato in progetto

2.3 Geomorfologia

Dal punto di vista geomorfologico, i rilievi sono costituiti “...da altopiani fortemente interessati dal fenomeno carsico, come documentato da numerose cavità ipogee, e da una conseguente rete idrografica superficiale assai poco sviluppata. Le grotte sono interessate da corsi d’acqua sotterranei, che alimentano alcune sorgenti carsiche perenni ubicate ai piedi della collina.

La superficie è interessata da numerose doline espressione del ruolo prevalente del processo carsico nel modellamento di tali superfici.

Esistono poi alcune valli (localmente indicate come Scaranti) che possono essere classificate geomorfologicamente come valli fluvio-carsiche. Esse hanno un profilo longitudinale per la prima parte molto ripido mentre in seguito si raccordano più dolcemente con le aree pedecollinari caratterizzate da depositi colluviali. Sono valli che presentano a volte strette incisioni (forre) nella parte terminale. Un preliminare rilievo di campagna ha permesso di verificare una sostanziale e generalizzata stabilità del territorio: la zona collinare occidentale presenta generalmente pendii meno acclivi con brevi tratti quasi verticali, posti solitamente in corrispondenza del contatto tra le litologie vulcaniche e le litologie calcaree. I pendii delle colline occidentali si presentano quindi con minore inclinazione e coperti da uno strato agrario a matrice argillosa, con spessore variabile, e differente nell’aspetto e nella granulometria a seconda del substrato roccioso che ricopre. La porzione collinare non riporta generalmente fenomeni franosi in atto o incipienti se non per alcuni dissesti come a Villa del Ferro. Il versante orientale è caratterizzato da una maggiore acclività e dalla presenza di alcune forre originate da valli fluvio carsiche...” (RAPPORTO AMBIENTALE PRELIMINARE – PAT VAL LIONA).

Osservando nel dettaglio l’area di indagine si osserva che essa è caratterizzata dalla presenza della forma di incisione valliva “vallecola a V” che raccorda la località di Carrubbio dalla fontana all’abitato di Pederiva.

Sono poi presenti a monte e valle delle localizzate forme di dissesto classificate come “nicchia di frana di crollo non attiva” e “piccola frana o gruppo di frane non classificate”.

Ad ovest si osservano poi forme carsiche come “ingresso di grotta a sviluppo orizzontale”.

Infine sono presenti forme antropiche dovute all’attività estrattiva dei calcari.

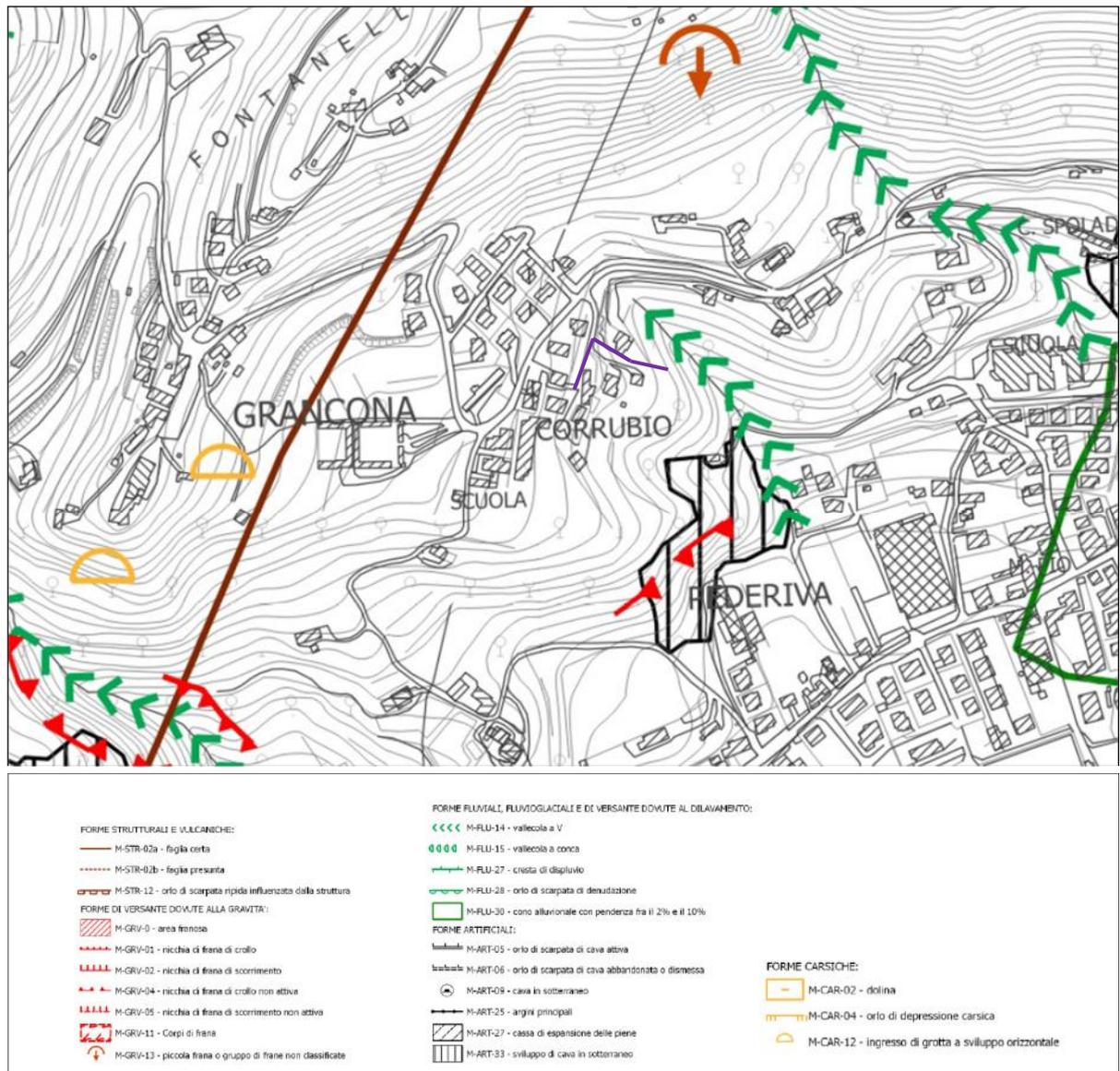


Fig. 6 Estratto Carta Geomorfologica PAT comunale con indicazione approssimativa del tracciato in progetto

3. VINCOLI E PRESCRIZIONI URBANISTICHE DI NATURA GEOLOGICA

Facendo riferimento al Piano di Assetto del Territorio Comunale e più precisamente alla tavola n.3 “Carta delle Fragilità”, si osserva che le aree oggetto di indagine, per quanto riguarda la compatibilità geologica, ricadono in zone “**Aree idonee a condizione B**”, la vallecola invece è considerata come **non idonea**.

In dettaglio le norme tecniche del PAT:

Aree idonee a condizione B – *aree dei versante a pendenza media e di e di altopiano carsico. Si tratta delle aree a pendenza media nonché le aree sommitali delle dorsali beriche. Le prime sono zone soggette a possibili eventi di allagamento per improvvisi apporti idrici da vallecole laterali, detti localmente “scaranti” e possibile presenza di locali aree con terreni scadenti. Le seconde sono caratterizzate dalla presenza di numerose forme carsiche, quali doline, grotte, polje.*

Aree non idonee.

Sono aree molto esposte a pericolosità geologico-idraulica.

Si rimanda alla lettura completa dell’articolo 40 per l’analisi delle prescrizioni e dei vincoli.

Si osserva che allo sbocco della vallecola a Pederiva, dove saranno defluiranno le acque della condotta, è presente un’area “esondabile e/o a ristagno idrico”.

Tale aspetto dovrà essere tenuto conto in fase di studio idraulico per definire se l’aumento delle portate di deflusso nella vallecola, già per altro interessata dalla presenza delle acque provenienti dalla “Fontana Corrubbio”, potrà essere compatibile con la rete di smaltimento delle acque meteoriche presente nell’abitato di Pederiva.

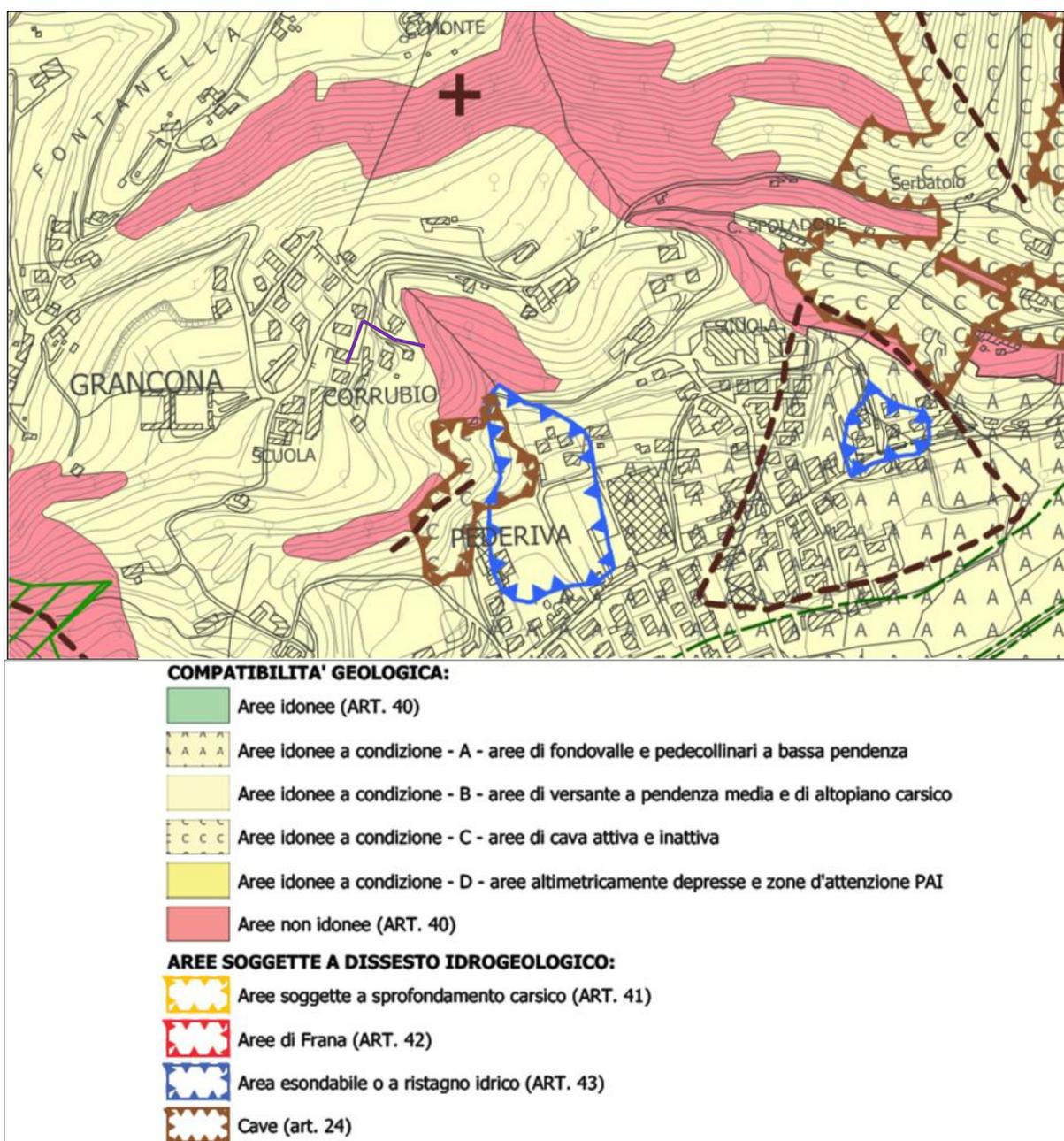


Fig. 7 Estratto Carta delle Fragilità del PAT comunale con indicazione approssimativa del tracciato in progetto

Facendo riferimento alla Carta dei Vincoli del PAT Comunale, si osserva che la vallecola è considerata come “invariante geologica” ed è così definita:

Trattasi di valle fluvio – carsica, forra con profilo a V molto accentuata di origine fluviale con erosione sul fondo a cui si aggiunge una erosione carsica. Verso l’alto si allarga ma con pareti sempre piuttosto ripide. E’ possibile essere sede di improvvisi ingenti di quantità d’acqua.

Dovranno quindi essere osservate le prescrizioni dell’articolo 30 delle NTA:

In detti ambiti o elementi sono vietati:

- a) *l’alterazione morfologica interna ed esterna;*
- b) *l’edificazione e la realizzazione di opere o movimenti di terra non previamente autorizzate dalle autorità competenti alla tutela;*
- c) *la variazione del profilo dei pendii e delle scarpate.*

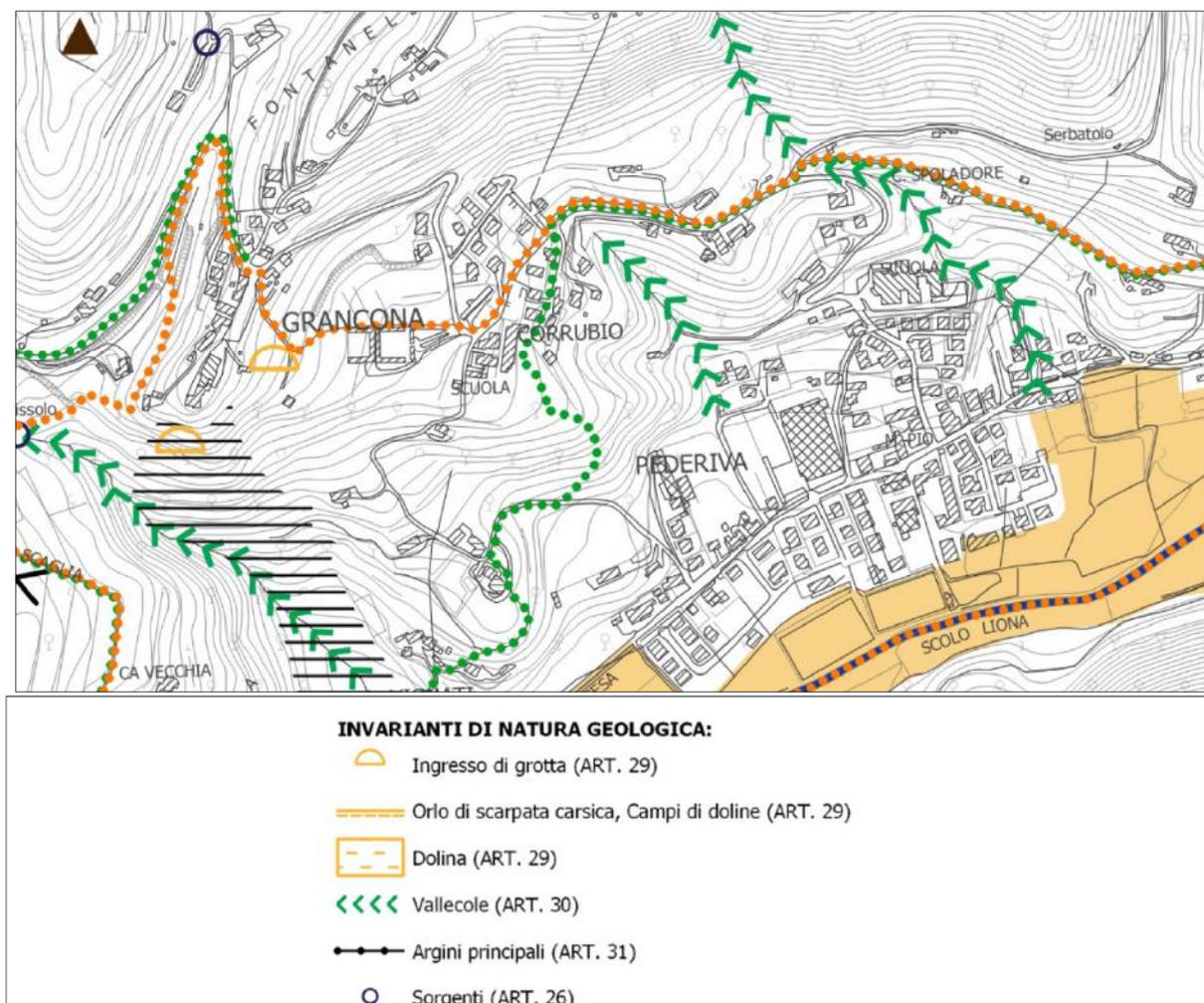


Fig. 8 Estratto “Carta delle Invarianti” del Comune di Val Liona con evidenziato il tracciato di scavo

Facendo invece riferimento alla “Carta della pericolosità geologica” del P.A.I., si osserva che l’area non è direttamente interessata da fenomeni franosi in atto o quiescenti, anche se nelle vicinanze si individuano porzioni di territorio caratterizzate dal delicato equilibrio idrogeologico e statico.

Di seguito la cartografia del PAI e la classificazione dei dissesti sopra citati:



Fig. 9 Estratto Carta delle Pericolosità geologica del PAI con indicazione approssimativa del tracciato in progetto

4. INQUADRAMENTO SISMICO GENERALE DELL'AREA

Secondo la classificazione sismica dei comuni italiani riportata nel P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006, il Comune di Val Liona ricade in zona n°3 con valori di l'accelerazione orizzontale compresi tra 0.05g e 0.150g.

Ciò viene ribadito dalla recente "Classificazione sismica al 2015", nella quale per il comune di Val Liona viene confermata la categoria 3.

In base al DM 17/01/2018 le verifiche del terreno di fondazione devono essere eseguite tenendo conto delle massime sollecitazioni che la struttura trasmette al terreno.

Sulla base delle mappe interattive dell'INGV richiamate dal D.M. 17 Gennaio 2018 (fig. 10) l'area in esame è inseribile nella fascia distinta da un valore di accelerazione sismica orizzontale a_g riferito a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s,30} > 800$ m/s compreso tra 0.100g e 0.150g (valori riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni – mappa 50° percentile).

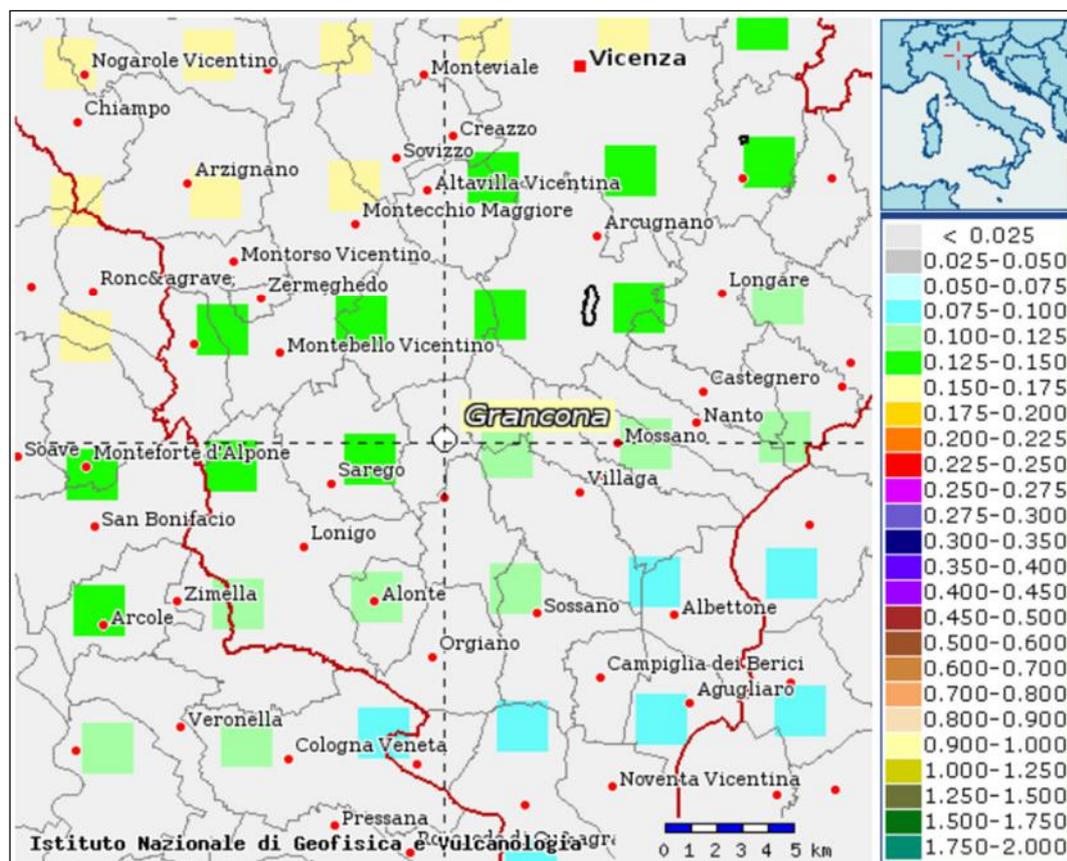


Fig. 10 Mappa interattiva di pericolosità sismica - INGV

Si sono quindi ricercati i terremoti storici ed i risultati ottenuti sono riportati nella figura di seguito riportata che comprende gli eventi principali (≥ 4 grado scala MCS) dall'anno 1000.

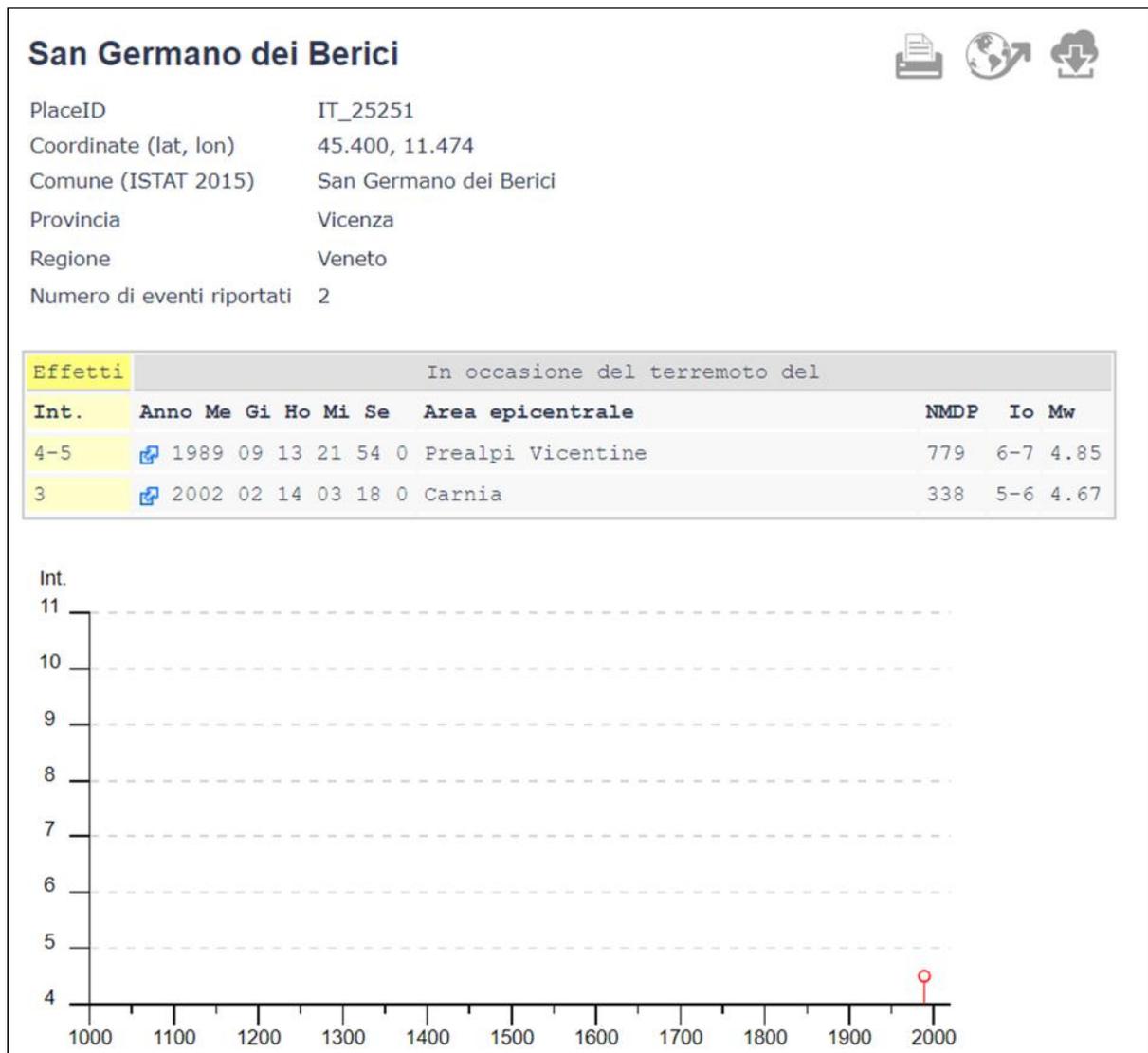


Fig. 11 Database Macrosismico Italiano 2015

5. DETERMINAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E CONSIDERAZIONI RELATIVE ALLA LIQUEFAZIONE

Come accennato, nell'ambito della presente indagine sono state eseguite n. 2 prove geofisiche con la scopo di elaborare un modello geofisico per il corpo investigato, con la ricostruzione di un profilo sismo-stratigrafico e Vs 30 conforme OPCM 3274 del 2003 e smi, ordinanza 3519 del 28/04/2006, DM 14/09/2005 - DM 14/01/2008 ed Eurocodice 7-8 e UNI9916 o DIN4150.



Fig. 12 Ubicazione punti di misura geofisica



Fig. 13 Tromografo digitale

Tutte le registrazioni del rumore sismico e vibrazioni sono state effettuate con il tromografo digitale TROMINO, progettato specificatamente per l’acquisizione del rumore sismico ambientale e/o vibrazioni indotte.

Si tratta di un apparecchio portatile tutto-in-uno di 10 x 7 x 14 cm e 1 kg di peso dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza cavi esterno.

La durata di acquisizione, pari a 20 minuti di campionamento, è stata eseguita al fine di verificare il “rumore sismico ambientale” sui terreni in cui verranno eseguite le opere in progetto.

5.1 Indagine geofisica HVSr 1

Instrument: TRZ-0017/01-09

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 14/05/20 16:43:57 End recording: 14/05/20 17:03:58

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

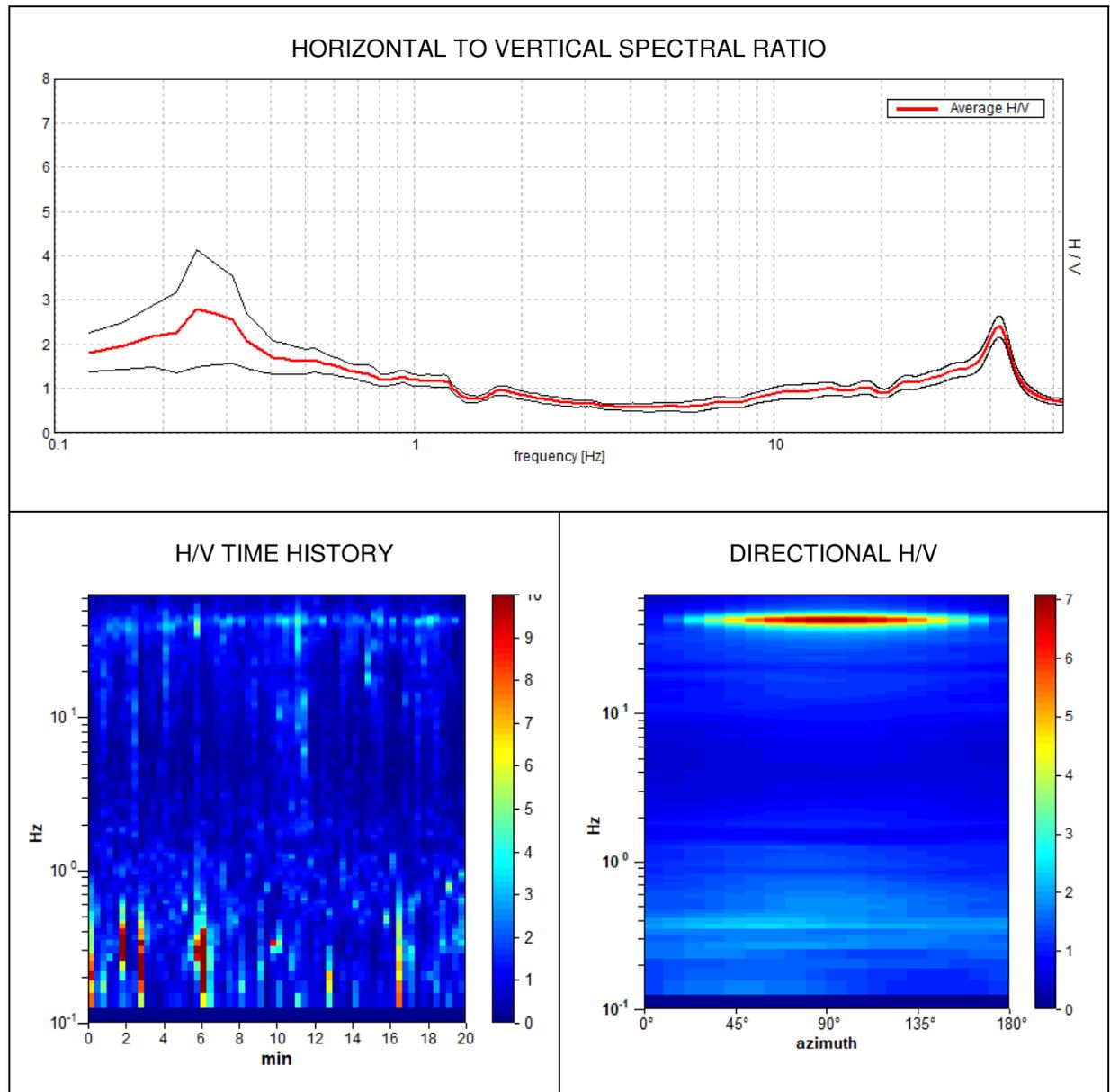
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz

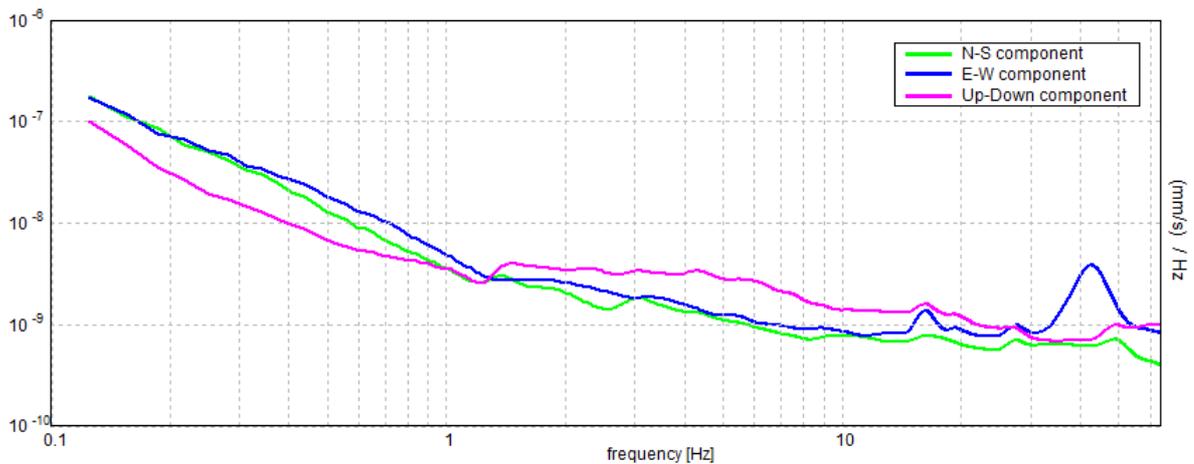
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

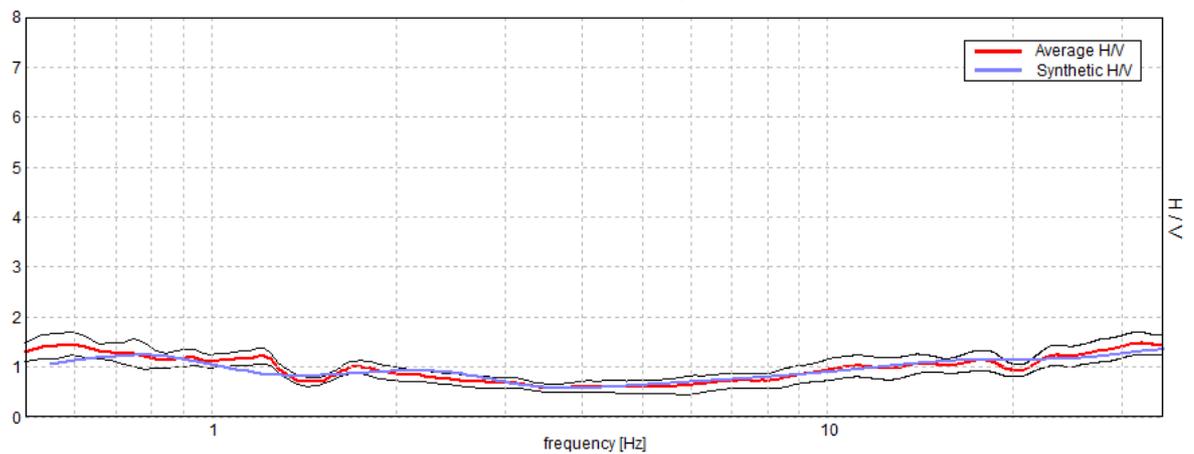


SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 0.59 ± 0.19 Hz. (In the range 0.0 - 20.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	220	0.35
6.50	5.50	420	0.35
61.50	55.00	550	0.35
261.50	200.00	850	0.35
inf.	inf.	1280	0.42

*La dicitura "infinito" indica che è stata raggiunta la profondità massima di indagine, mentre con il programma Deepsoil v. 3.5 dell'Università dell'Illinois è stato calcolato il bedrock o meglio il bedrock-like (700 m/s). Esso risulta rilevante ai fini degli effetti di sito, perché tale strato presenta forti contrasti di impedenza rispetto ai terreni sovrastanti, potendo così determinare in questi ultimi l'intrappolamento delle onde sismiche e dunque l'amplificazione del moto del suolo in caso di terremoto.

$Vs_{eq}(0.0-30.0)=488\text{m/s}$

SUOLO DI TIPO B

in riferimento alla Tab. 3.2.II delle NTC 2018, sotto riportata:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Dove la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), viene definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

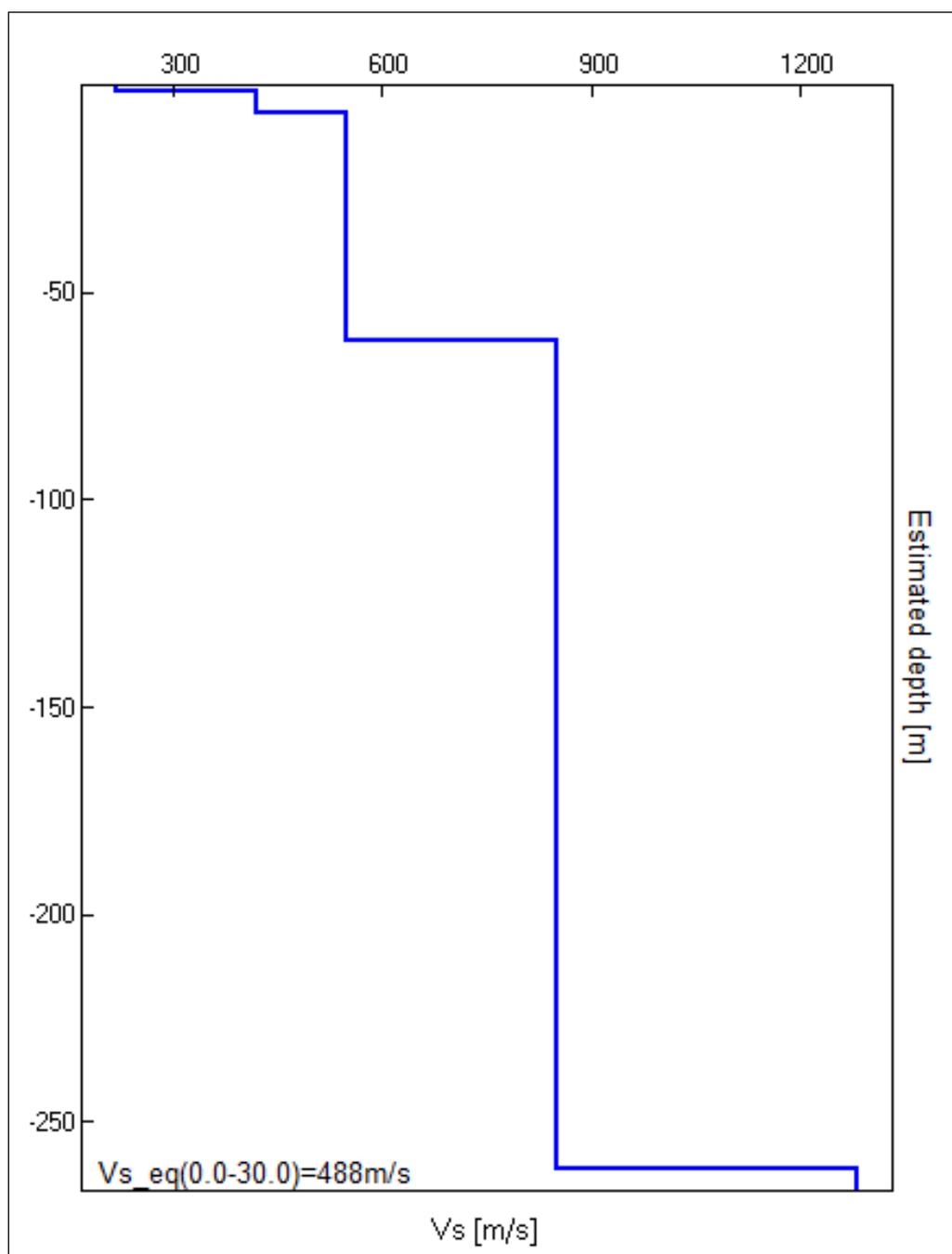
con:

h_i spessore dell'*i*-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 0.59 ± 0.19 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	$0.25 > 0.50$		
$n_c(f_0) > 200$	$300.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 13 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.656 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.81 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.07906 < 0.05$		
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.01976 < 0.05$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.3193 < 2.5$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Le frequenze di risonanza del sito sono risultate pari a:

Max. H/V at 0.59 ± 0.19 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Nel caso che una sollecitazione si prolunghi nel tempo essa può diventare particolarmente pericolosa per l'edificio, progettato come elastico, quando il terreno trasmette una componente del segnale sismico che abbia la stessa frequenza di oscillazione della struttura:

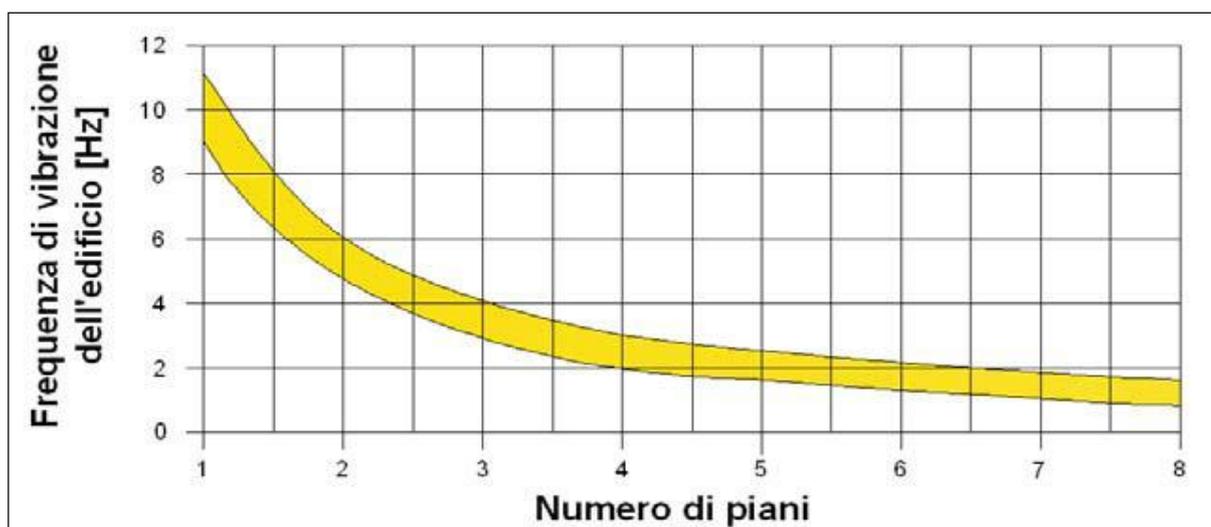
- Frequenza di oscillazione del terreno < f_n frequenza naturale di oscillazione della struttura → i danni sono "limitati"
- Frequenza di oscillazione del terreno = f_n frequenza naturale di oscillazione della struttura → i danni sono "illimitati".

Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula (cfr. Es. Pratt):

freq. Naturale edificio ≈ 10 Hz / numero piani

E' la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura ad essere particolarmente pericolosa, poiché da luogo alla massima amplificazione e deve quindi essere oggetto di studi approfonditi.

freq. naturale edificio \approx freq. fondamentale di risonanza del sito



5.2 Indagine geofisica HVSr 2

Instrument: TRZ-0017/01-09

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 14/05/20 17:11:45 End recording: 14/05/20 17:31:46

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

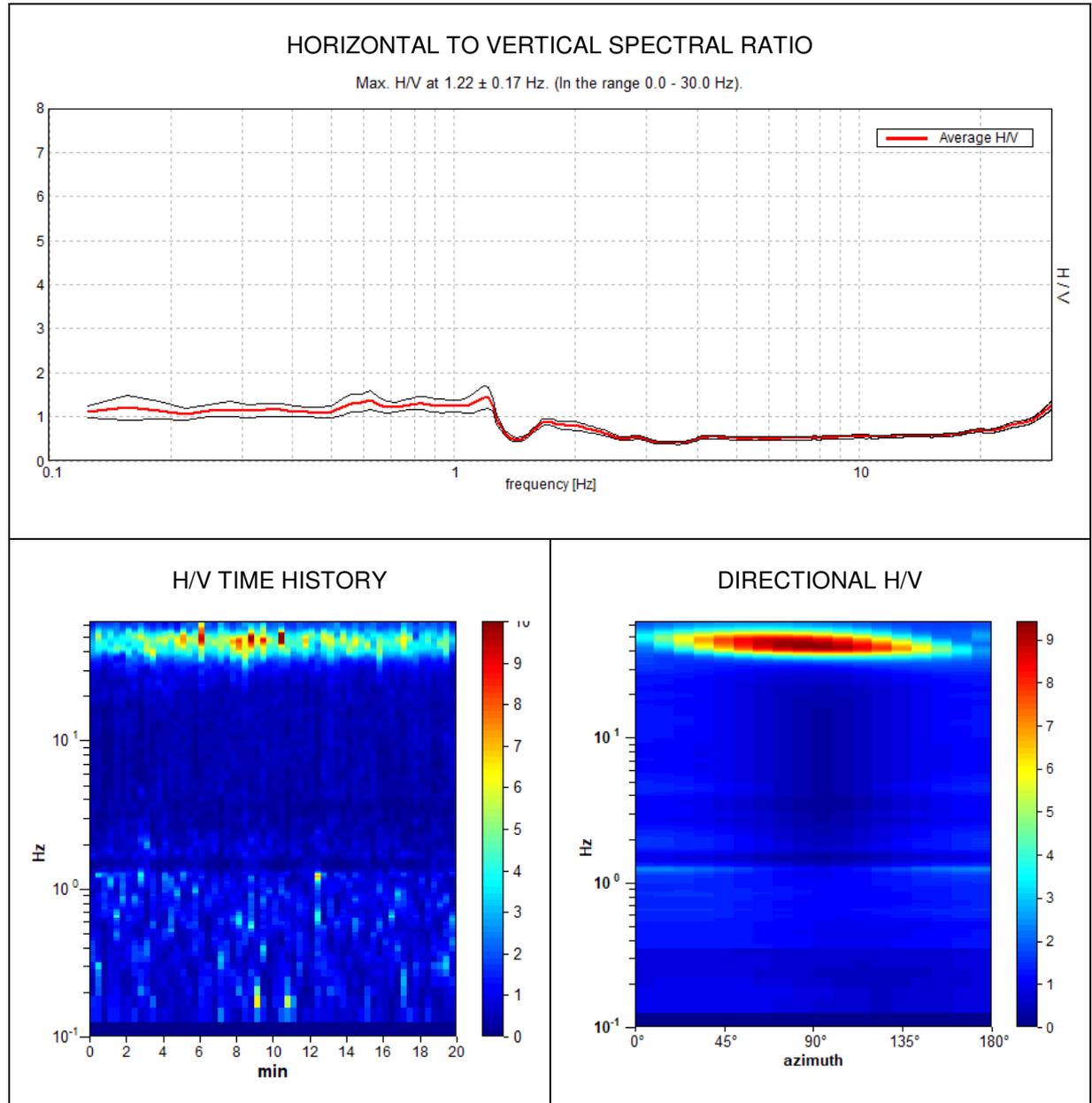
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz

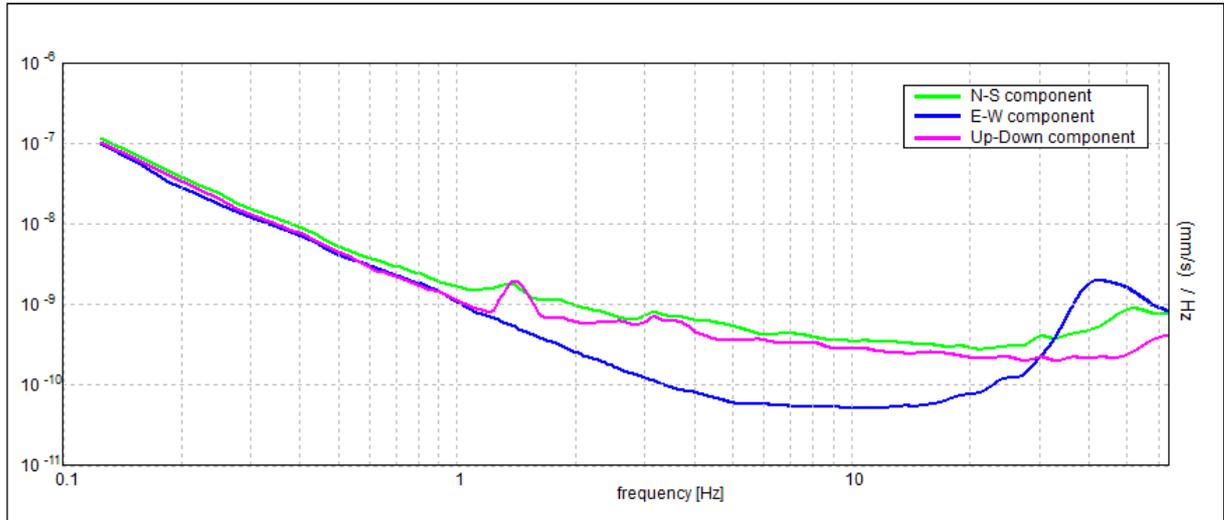
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

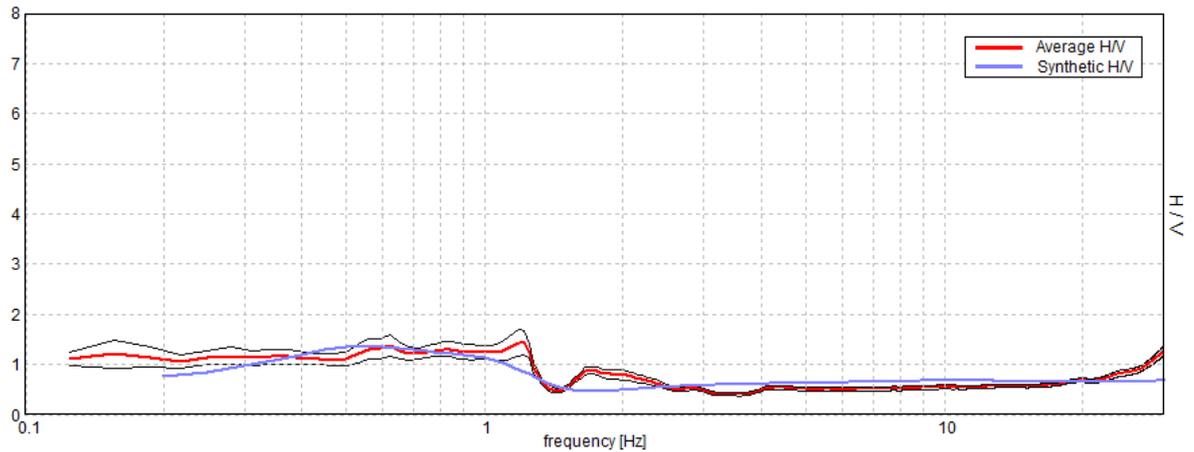


SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 1.22 ± 0.17 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	280	0.35
8.50	7.50	370	0.35
108.50	100.00	430	0.35
388.50	280.00	800	0.35
inf.	inf.	1080	0.35

*La dicitura "infinito" indica che è stata raggiunta la profondità massima di indagine, mentre con il programma Deepsoil v. 3.5 dell'Università dell'Illinois è stato calcolato il bedrock o meglio il bedrock-like (700 m/s). Esso risulta rilevante ai fini degli effetti di sito, perché tale strato presenta forti contrasti di impedenza rispetto ai terreni sovrastanti, potendo così determinare in questi ultimi l'intrappolamento delle onde sismiche e dunque l'amplificazione del moto del suolo in caso di terremoto.

$$V_{s_eq}(0.0-30.0)=404\text{m/s}$$

SUOLO DI TIPO B

in riferimento alla Tab. 3.2.II delle NTC 2018, sotto riportata:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Dove la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), viene definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

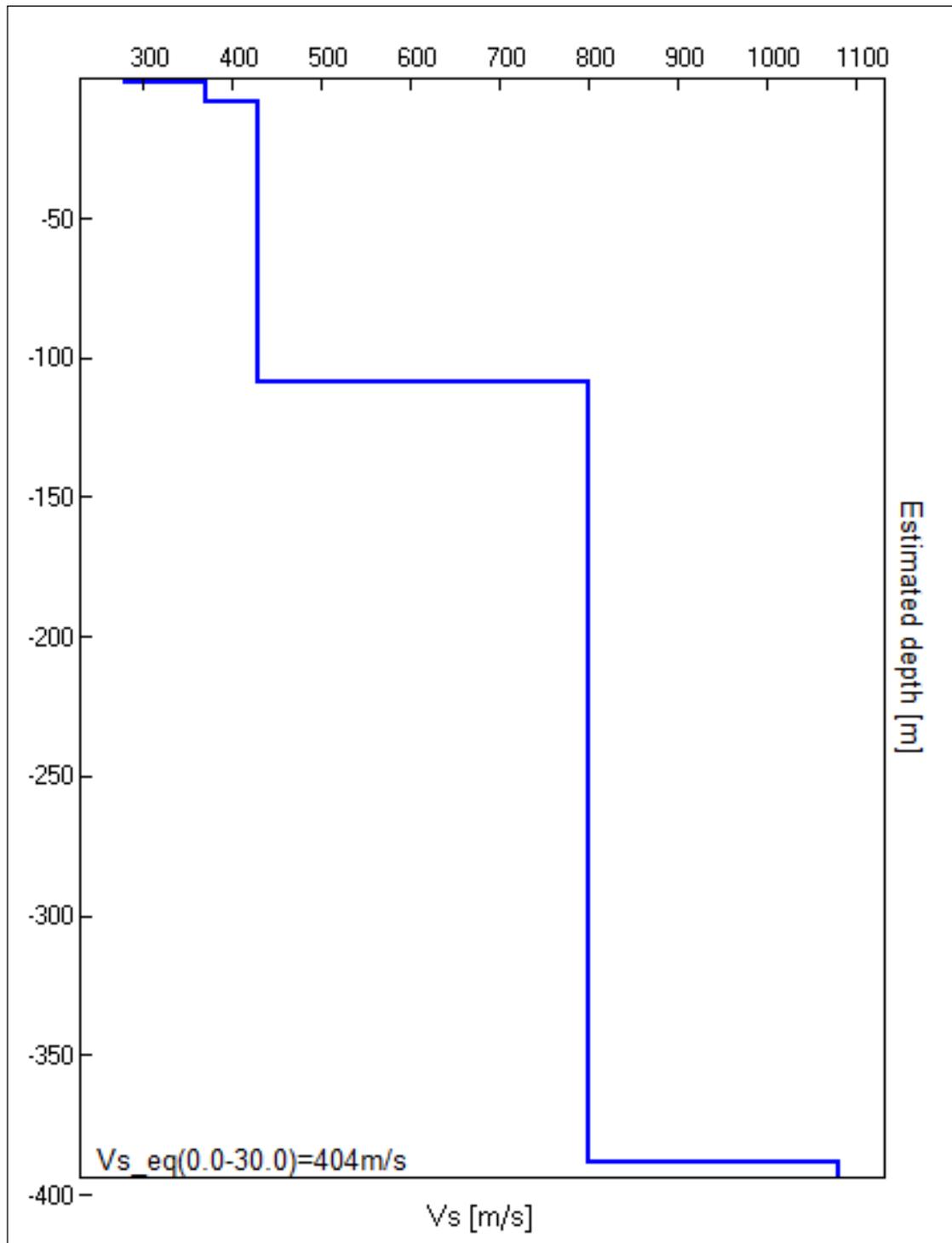
con:

h_i spessore dell'*i*-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 1.22 ± 0.17 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	$1.22 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1462.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 60 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.43 > 2$		
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.13978 < 0.05$		
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.17035 < 0.12188$		
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2403 < 1.78$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Le frequenze di risonanza del sito sono risultate pari a:

Max. H/V at 1.22 ± 0.17 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Nel caso che una sollecitazione si prolunghi nel tempo essa può diventare particolarmente pericolosa per l'edificio, progettato come elastico, quando il terreno trasmette una componente del segnale sismico che abbia la stessa frequenza di oscillazione della struttura:

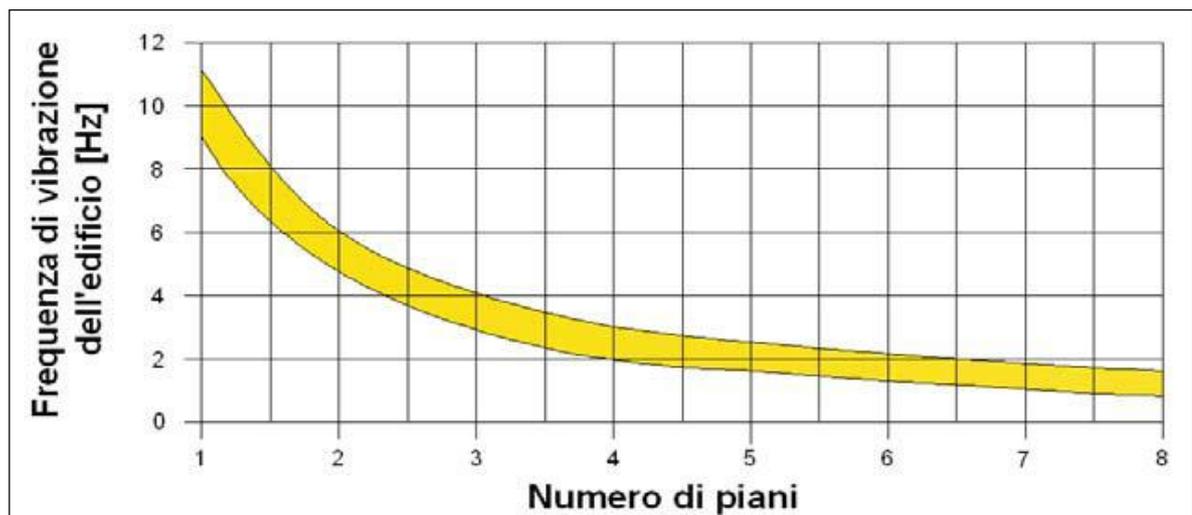
- Frequenza di oscillazione del terreno < F_n frequenza naturale di oscillazione della struttura → i danni sono "limitati"
- Frequenza di oscillazione del terreno = F_n frequenza naturale di oscillazione della struttura → i danni sono "illimitati".

Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula (cfr. Es. Pratt):

freq. Naturale edificio ≈ 10 Hz / numero piani

E' la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura ad essere particolarmente pericolosa, poiché dà luogo alla massima amplificazione e deve quindi essere oggetto di studi approfonditi.

freq. naturale edificio \approx freq. fondamentale di risonanza del sito



5.3 Liquefazione

Per quanto riguarda la liquefazione dei terreni superficiali in corrispondenza di eventi sismici rilevanti, essa è stata valutata in base della procedura semplificata di “Sherif & Ishibashi” in base a quanto rilevato dallo studio di inquadramento geologico ed idrogeologico dell’area.

Il metodo di Sherif & Ishibashi ammette che si possano verificare fenomeni di liquefazione solo nei livelli che presentino le seguenti caratteristiche:

- siano costituiti da sabbie o sabbie limose;
- si trovino sotto il livello statico della falda;
- gli strati di copertura non abbiano spessore maggiore di 3 metri.

Secondo il seguente diagramma di flusso:

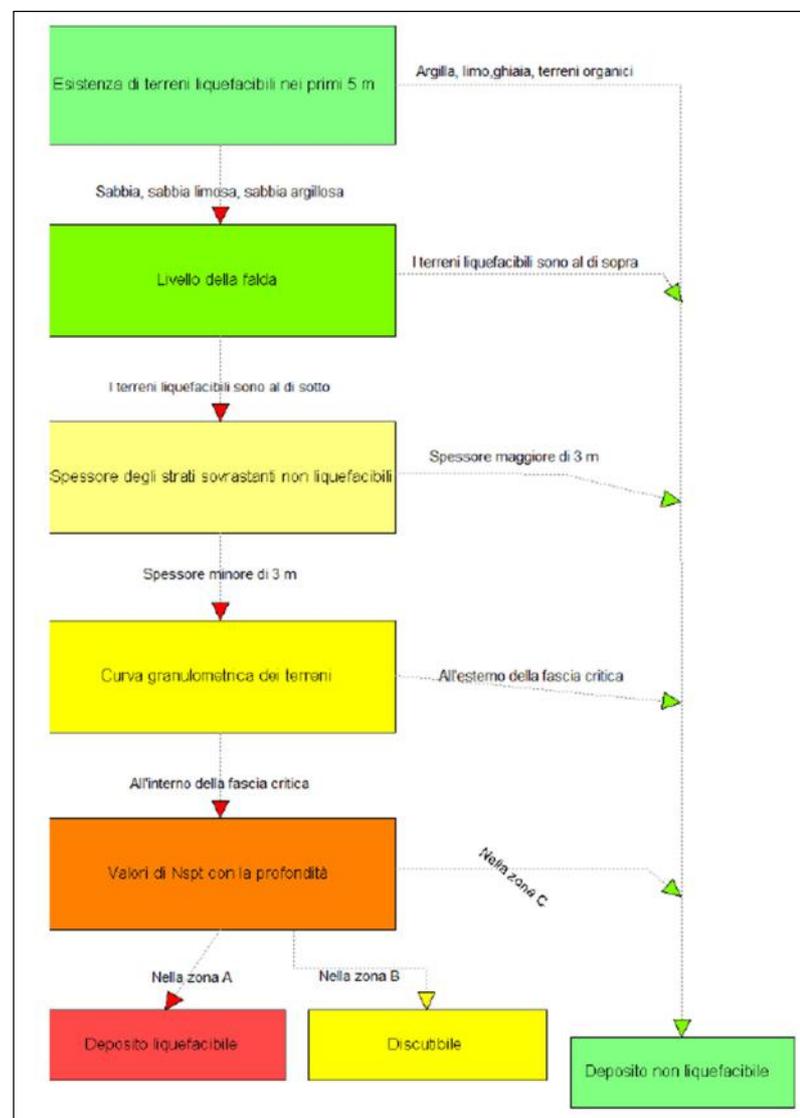


Fig. 14 Diagramma “Sherif & Ishibashi”

In considerazione di quanto emerso dall'indagine, è da ritenere nella la possibilità di liquefazione dei terreni superficiali per la presenza di terreni di versante di natura litoide e non prettamente sabbiosa con l'assenza di falda superficiale.

6. INDAGINI IN SITO – PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Come accennato in premessa, in data 14 maggio 2020, in accordo con la Committenza, sono state effettuate, nell'area riportata nella planimetria allegata, quattro prove penetrometriche dinamiche spinte fino alle profondità di:

- **DPSH 1:** 0.60 metri da p.c.
- **DPSH 2:** 2.80 metri da p.c.
- **DPSH 3:** 2.20 metri da p.c.
- **DPSH 3:** 2.40 metri da p.c.

Si precisa che tutte le prove sono state interrotte al raggiungimento del rifiuto strumentale considerato dalle specifiche tecniche di esecuzione con N colpi > 50.

Le quote riportate si riferiscono al livello del piano campagna in corrispondenza di ciascun punto di indagine.



Fig. 15 Ubicazione prove penetrometriche

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere a battuta una punta conica nel terreno misurando il numero di colpi N necessari all'avanzamento per tratti consecutivi (δ) predeterminati.

L'infissione avviene per battitura, facendo cadere da un'altezza costante (75 cm) un maglio di peso standard (DPSH=63.5 Kg).

La resistenza del terreno è funzione inversa della penetrazione per ciascun colpo e diretta del numero di colpi (NDP) per una data penetrazione.

Correlazioni presenti in bibliografia permettono di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche da utilizzare per una corretta progettazione delle strutture e nel caso specifico dell'intervento di risanamento.

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici, tale tipo di prova si suddivide in quattro classi (in base al peso M della massa battente):

- ✓ tipo LEGGERO (DPL): massa battente <10kg
- ✓ tipo MEDIO (DPM) 10Kg <massa battente <40kg
- ✓ tipo PESANTE (DPH) 40Kg <massa battente <60kg
- ✓ tipo SUPERPESANTE (DPSH) massa battente >60kg

Una buona interpretazione e correlazione con altre informazioni di tipo diretto e bibliografico, possono permettere di ottenere dati utili alla ricostruzione del modello geologico e geotecnico del terreno investigato come:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Di seguito si riportano le riprese dei piazzamenti di ciascuna prova penetrometrica eseguita.



Fig. 16 Penetrometro su prova DPSH1

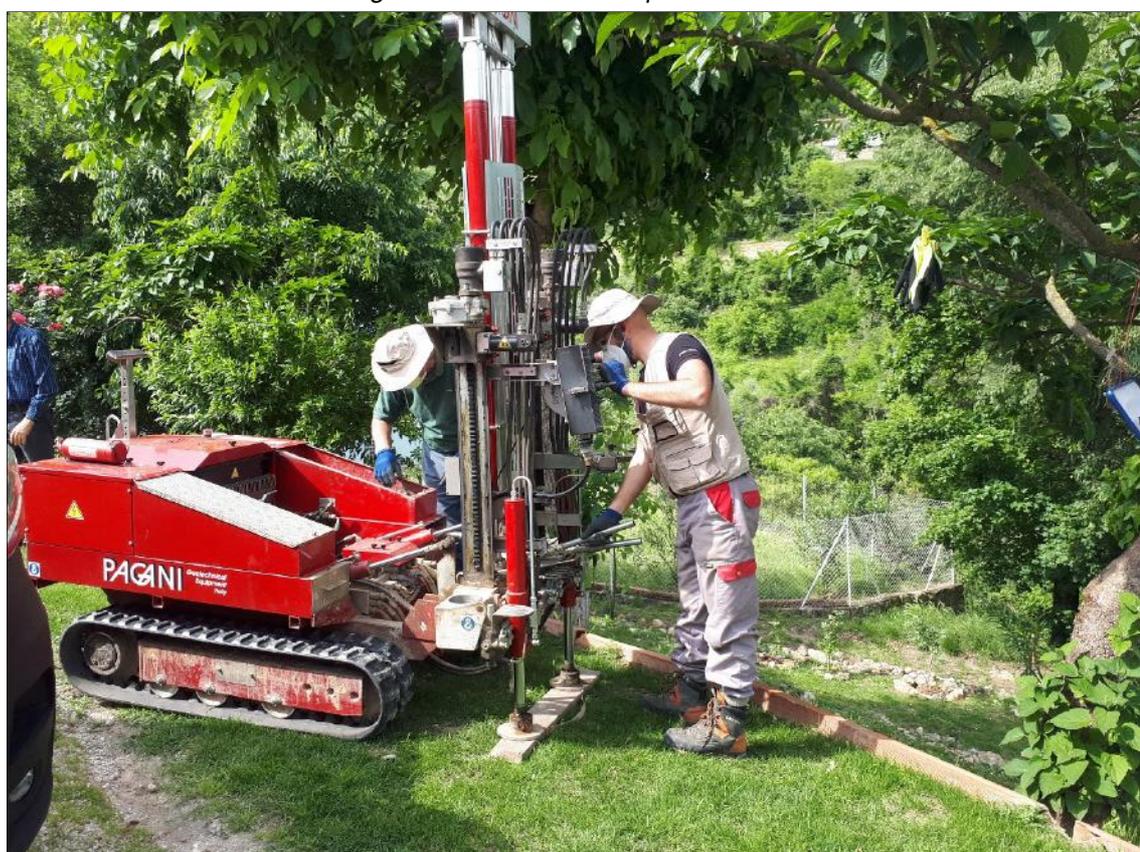


Fig. 17 Penetrometro su prova DPSH2



Fig. 18 Penetrometro su prova DPSH3



Fig. 19 Penetrometro su prova DPSH4

Come detto, nello specifico, si sono eseguite tre prove penetrometriche dinamiche tipo **DPSH** con l'utilizzo di un penetrometro allestito su carro cingolato Pagani TG 63-200 durante le quali sono stati quindi misurati il numero di colpi necessario ad infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica per tratte di 20 cm.

Come detto, per le prove DPSH2 e DPSH3, il termine delle prove è avvenuto a rifiuto strumentale (n° colpi necessario per l'infissione di 20cm > 50).

Dai risultati ottenuti dalle prove effettuate è possibile calcolare la Resistenza Dinamica alla penetrazione di punta (Rpd in kg/cm²) in funzione del numero di colpi N, utilizzando la seguente correlazione, nota come "Formula degli Olandesi":

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

dove:

Rpd = Resistenza Dinamica alla punta

A = area di punta

e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente

P = peso totale aste e sistema di battitura

H = altezza di caduta

δ = passo di avanzamento.

6.1 Ricostruzione lito-stratigrafica

Nel dettaglio le prove eseguite hanno messo in luce la presenza di:

PROVA DPSH 1

- STRATO 1 - Terreno di copertura detritica sciolta, suolo (NPD_{medio} =3).
- STRATO 2 – Substrato roccioso, blocchi (NPD_{medio} =50).

Di seguito lo schema riepilogativo riportato anche in allegato:

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	γ (t/m ³)	γ sat (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,4	3	36,9	Incoerente - coesivo	1,73	1,87	0,03	1,5	4,51	Copertura di versante e riporto
0,6	50	921,78	Incoerente	2,5	2,2	0,09	1,5	75,2	Substrato roccioso

Al termine della prova eseguita non si è riscontrata presenza di acqua di falda.

PROVA DPSH 2

- STRATO 1 - Terreno di copertura detritica sciolta, riporto (NPD_{medio} =5.44).
- STRATO 2 – Substrato roccioso, blocchi (NPD_{medio} =50).

Di seguito lo schema riepilogativo riportato anche in allegato:

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	γ (t/m ³)	γ sat (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2,6	5,44	53,4	Incoerente - coesivo	1,91	2,1	0,25	1,5	8,18	Copertura di versante e riporto
2,8	50	786,34	Incoerente	2,5	2,2	0,52	1,5	75,2	Substrato roccioso

Al termine delle prova eseguita non si è riscontrata presenza di acqua di falda

PROVA DPSH 3

- STRATO 1 - Terreno di copertura detritica sciolta, riporto (NPD_{medio} =4.99).
- STRATO 2 – Substrato roccioso alterato, tenero (NPD_{medio} =12,03).
- STRATO 3 – Substrato roccioso, blocchi (NPD_{medio} =50).

Di seguito lo schema riepilogativo riportato anche in allegato

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	γ (t/m ³)	γ sat (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1,4	4,99	65,59	Incoerente - coesivo	1,88	1,9	0,13	1,5	7,5	Copertura di versante e riporto
2	12,03	172,13	Incoerente	1,95	1,97	0,32	1,5	18,09	Substrato roccioso alterato
2,2	50	786,34	Incoerente	2,5	2,2	0,41	1,5	75,2	Substrato roccioso

Al termine delle prova eseguita non si è riscontrata presenza di acqua di falda

PROVA DPSH 4

- STRATO 1 - Terreno di copertura detritica sciolta, riporto (NPD_{medio} =6.24).
- STRATO 2 – Substrato roccioso alterato, tenero (NPD_{medio} =10,37).
- STRATO 3 – Substrato roccioso, blocchi (NPD_{medio} =50).

Di seguito lo schema riepilogativo riportato anche in allegato

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	γ (t/m ³)	γ sat (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1,6	6,24	77,61	Incoerente - coesivo	1,95	2,14	0,16	1,49	9,3	Copertura di versante e riporto
2,2	10,37	140,91	Incoerente	1,9	1,95	0,37	1,5	15,6	Substrato roccioso alterato
2,4	50	786,34	Incoerente	2,5	2,2	0,45	1,51	75,7	Substrato roccioso

Al termine delle prova eseguita non si è riscontrata presenza di acqua di falda

7. DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI TERRENI SULLA BASE DELLE INDAGINI IN SITO

In base ai dati ricavati dalle prove penetrometriche, dalle indagini geofisica, dall'esame della documentazione bibliografica, si fornisce di seguito una schematizzazione delle caratteristiche dei terreni, attraverso i principali parametri geotecnici caratteristici.

Di seguito ed in allegato vengono quindi indicati i parametri geotecnici caratteristici dei terreni rinvenuti: tali valori rappresentano una parametrizzazione dei dati ottenuti in base ai singoli valori di Rpd calcolati dalle prove in sito e vengono utilizzati per il calcolo della capacità portante del terreno.

Tale determinazione è stata eseguita applicando il metodo della discretizzazione degli strati di terreno, suddividendo cioè la sequenza stratigrafica in strati omogenei con caratteristiche assimilabili; l'attribuzione degli specifici parametri è stata eseguita a seguito di una stima ragionata e cautelativa confrontando i dati a disposizione.

PROVA DPSH1

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	γ (t/m ³)	γ sat (t/m ³)	ϕ (°)	Cu (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm ²)
Strato (1) Copertura di versante e riporto	0,00-0,40	4,51	Coesivo Incoerente	1,73	1,87	<30	0,23	47,79	45,10	0,34	267,82
Strato (2) Substrato roccioso	0,40-0,60	75,2	Incoerente	1,96	2,21	>38	--	181,93	451,00	0,2	3771,88

PROVA DPSH2

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	γ (t/m ³)	γ sat (t/m ³)	ϕ (°)	Cu (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm ²)
Strato (1) Copertura di versante e riporto	0,00-2,60	8,18	Coesivo Incoerente	1,91	2,10	<30	0,41	85,22	81,80	0,34	468,71
Strato (2) Substrato roccioso	2,60-2,80	75,2	Incoerente	1,96	2,21	>38	--	181,93	451,00	0,2	3771,88

PROVA DPSH3

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	γ (t/m ³)	γ sat (t/m ³)	ϕ (°)	Cu (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm ²)
Strato (1) Copertura di versante e riporto	0,00-1,40	7,5	Coesivo Incoerente	1,88	1,90	<30	0,38	78,29	75,00	0,34	431,99
Strato (2) Substrato roccioso alterato	1,40-2,00	18,09	Incoerente	1,57	1,98	30-32	--	64,62	165,45	0,32	988,34
Strato (3) Substrato roccioso	2,00-2,20	75,2	Incoerente	1,96	2,21	>38	--	181,93	451,00	0,2	3771,88

PROVA DPSH 4

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	γ (t/m ³)	γ sat (t/m ³)	ϕ (°)	Cu (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm ²)
Strato (1) Copertura di versante e riporto	0,00-1,60	9,3	Coesivo Incoerente	1,95	2,14	<30	0,47	96,65	93,00	0,34	528,79
Strato (2) Substrato roccioso alterato	1,60-2,20	15,6	Incoerente	1,55	1,96	30-32	--	59,51	153,00	0,32	859,91
Strato (3) Substrato roccioso	2,20-2,40	75,7	Incoerente	1,96	2,21	>38	--	182,95	453,50	0,2	3795,45

8. VALIDAZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO GENERALE

Riassumendo quanto emerso dall'analisi del contesto geologico dell'area e dalle indagini eseguite in sito, il tracciato dello scavo per la posa della nuova tubazione interesserà terreni:

8.1 Tratto Via Corrubbio



Litologia:

In questo non tratto non è stato possibile eseguire indagini penetrometriche per motivi logistici (presenza tubazioni interrate, traffico veicolare ecc); è stata però eseguita una prova geofisica tomografica (HVS1) descritta nel paragrafo 5.1, la quale evidenzia frequenze e velocità proprie di materiali compatti (substrato roccioso) già a debolissima profondità.

Lo scavo insisterà quindi in un'area con substrato roccioso subaffiorante costituito da rocce prevalentemente calcaree.

A tratti potrà essere presente un livello di copertura di spessore difficilmente superiore al metro, costituito da materiale detritico prevalentemente di riporto derivante dai lavori di manutenzione stradale e posa condotte esistenti.

Lo strato di riporto avrà progressivamente maggior spessore nella porzione più a nord di tale tratto, prima del cambio di direzione verso est del tracciato della condotta, avvicinandosi alla punto di prova DPSH4 che ha evidenziato la presenza di terreni di copertura sciolti fino a 1.60 metri da p.c.

Geomorfologia:

Dal punto di vista geomorfologico, tale tratto di scavo sarà caratterizzato da un profilo sub-pianeggiante con una pendenza media del 7% e risulta privo di particolari forme erosive o di accumulo.

Come detto, sarà maggiormente probabile la presenza di riporto nella porzione più a nord del tratto, prima del cambio di direzione verso est del tracciato della condotta dal momento che via Corrubbio, in quel tratto, comincia a risalire con una contropendenza di natura artificiale fino alla confluenza con la SP 109.

Idrogeologia:

Gli scavi non saranno interessati dalla presenza di falde.

Non si esclude localmente la presenza di venute d'acqua di scorrimento dal versante in special modo a seguito dei eventi meteorici intensi.

La presenza di un substrato roccioso a debole permeabilità, durante la fase di scavo, favorirà l'accumulo di acqua meteoriche e di dilavamento all'interno della traccia di scavo poiché costituirà una via preferenziale di deflusso.

In corrispondenza a tratti con presenza di materiale sciolto, l'acqua potrebbe invece causare un peggioramento delle caratteristiche geotecniche dei terreni dei fronti di scavo. Particolare attenzione dovrà quindi essere posta a tale aspetto lasciando gli scavi aperti per il minor tempo possibile e mettendo in atto tutti gli accorgimenti al fine di limitare l'infiltrazione di acque di scorrimento superficiale negli scavi che potrebbero anche defluire verso le strutture abitative presenti e poste a quote inferiori della base di scavo o causare un peggioramento delle proprietà meccaniche dei terreni sciolti di copertura con ripercussioni sulla tenuta dei fronti di scavo.

Penalità geologiche:

In questa porzione di territorio il tracciato insisterà su aree classificate come “Aree idonee a condizione B – aree di versante a pendenza media e di altopiano carsico “



COMPATIBILITA' GEOLOGICA:

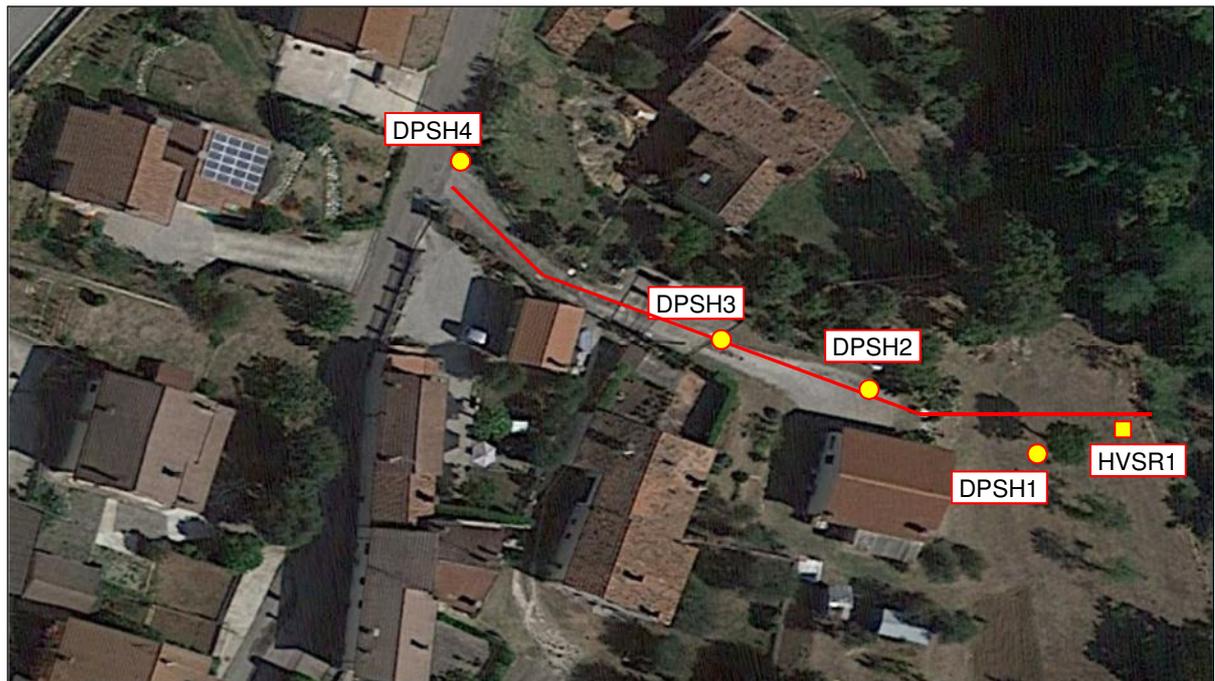
-  Aree idonee (ART. 40)
-  Aree idonee a condizione - A - aree di fondovalle e pedecollinari a bassa pendenza
-  Aree idonee a condizione - B - aree di versante a pendenza media e di altopiano carsico
-  Aree idonee a condizione - C - aree di cava attiva e inattiva
-  Aree idonee a condizione - D - aree altimetricamente depresse e zone d'attenzione PAI
-  Aree non idonee (ART. 40)

AREE SOGGETTE A DISSESTO IDROGEOLOGICO:

-  Aree soggette a sprofondamento carsico (ART. 41)
-  Aree di Frana (ART. 42)
-  Area esondabile o a ristagno idrico (ART. 43)
-  Cave (art. 24)

Fig. 20 Estratto Carta Fragilità del PAT con indicato il tratto di scavo in esame

8.2 Tratto Strada privata



Litologia:

In questo sono state eseguite n.4 prove penetrometriche dinamiche come precedentemente descritto ed una prova geofisica tomografica (HVSR 2) descritta nel paragrafo 5.2.

In tale porzione di tracciato lo scavo interesserà terreni di copertura/riporto in corrispondenza delle prove **DSPH4**, **DPSH3** e **DPSH2** che hanno evidenziato la presenza di terreni sciolti di natura mista (materiali lapidei immersi in matrice limoso-argillosa) di copertura naturale del versante ma anche di materiale di riporto utilizzato per la realizzazione delle idonee pendenze dell'insediamento residenziale presente.

In dettaglio le suddette prove hanno evidenziato la presenza di materiale sciolto fino alle seguenti profondità:

- DPSH4 - 1.60 metri da p.c.
- DPSH3 - 1.40 metri da p.c.
- DPSH2 - 2.60 metri da p.c.

Al di sotto si è cominciato a riscontrare la presenza di materiale maggiormente consistente fino a rifiuto strumentale da parte del sistema di infissione.

La prova **DPSH 1**, eseguita invece sul pendio naturale in prossimità dello scarico della condotta, ha messo in luce la presenza di un debole livello di copertura sciolta (0.6 cm) e subito la presenza di substrato roccioso compatto. Ciò è stato anche confermato dalla prova geofisica HVSR2 la quale evidenzia frequenze e velocità proprie di materiali compatti (substrato roccioso) già a debolissima profondità

Geomorfologia:

Dal punto di vista geomorfologico, tale tratto di scavo sarà caratterizzato da una pendenza media del 17% con una punta massima del 70%, nel tratto di raccordo fra la porzione sub-pianeggiante del piazzale di manovra del cortile privato presente ed il profilo naturale del pendio più a valle, tra i punti di prova **DPSH1** e **DPSH2**.

Non sono presenti particolari forme erosive o di accumulo se non, come già evidenziato, la presenza di materiali di riporto utilizzati per addolcire la pendenza naturale del pendio e favorire l'insediamento residenziale presente.

Idrogeologia:

Gli scavi non saranno interessati dalla presenza di falde.

Non si esclude localmente la presenza di venute d'acqua di scorrimento dal versante in special modo a seguito dei eventi meteorici intensi.

Nei tratti in cui lo scavo interesserà il substrato roccioso, la presenza di materiale lapideo a debole permeabilità, durante la fase di scavo, favorirà l'accumulo di acque meteoriche e di dilavamento all'interno di esso poiché esso costituirà una via preferenziale di deflusso. In corrispondenza di scavo in materiale sciolto la presenza di acqua potrebbe invece causare un peggioramento delle caratteristiche geotecniche dei terreni dei fronti di scavo.

Particolare attenzione dovrà quindi essere posta a tale aspetto lasciando gli scavi aperti per il minor tempo possibile e mettendo in atto tutti gli accorgimenti al fine di limitare l'infiltrazione di acque di scorrimento superficiale negli scavi che potrebbero anche defluire verso le strutture abitative presenti e poste a quote inferiori della base di scavo o causare un peggioramento delle proprietà meccaniche dei terreni sciolti con ripercussioni sulla tenuta dei fronti di scavo

Penalità geologiche:

In questa porzione di territorio, il tracciato insisterà su aree classificate come “Aree idonee a condizione B – aree di versante a pendenza media e di altipiano carsico “

Nell’ultimo tratto, allo scarico, il tracciato si avvicinerà alla zona non idonea in corrispondenza dei versanti della vallecchia.

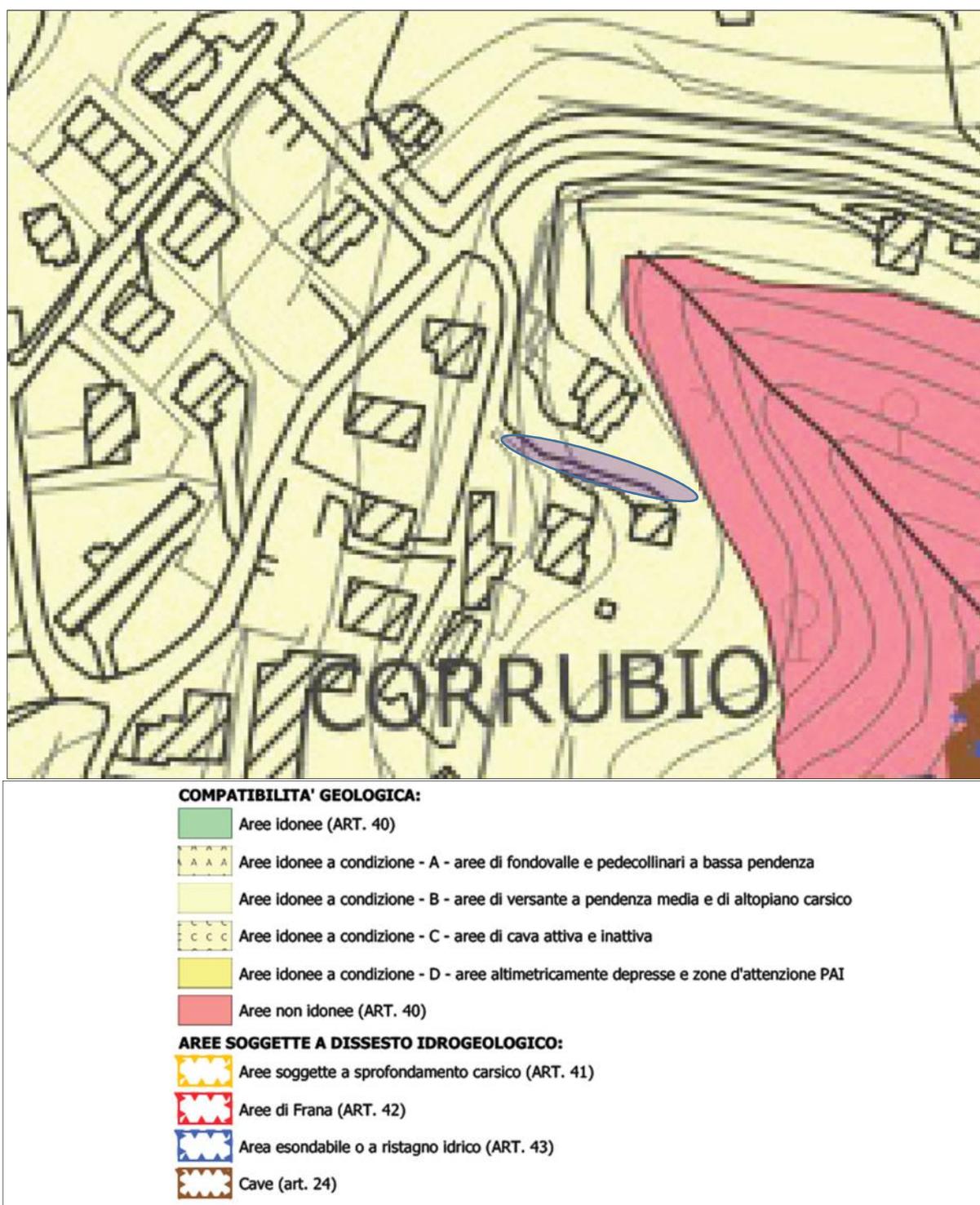


Fig. 21 Estratto Carta Fragilità del PAT con indicato il tratto di scavo in esame

9. CONCLUSIONI

La presente relazione geologica investiga i terreni interessati dalla realizzazione di una nuova condotta interrata in via Corrubbio.

La zona oggetto di indagine interesserà per il primo tratto di via Corrubbio essenzialmente depositi rocciosi con un limitato spessore di copertura; progressivamente poi, all'avvicinarsi del cambio di direzione verso est, lungo la stradina privata, lo scavo interesserà depositi sciolti di versante e riporto, solo alla base dello scavo si potrà rinvenire materiale roccioso.

Lo scrivente ha effettuato sopralluoghi lungo il tracciato in progetto, ha analizzato la documentazione bibliografica relativa all'area di indagine ed inoltre ha eseguito n. 4 prove penetrometriche dinamiche e n.2 prove geofisiche tromografiche a stazione singola

Dallo studio effettuato è possibile asserire che l'area su cui insisterà l'intervento proposto viene a localizzarsi in corrispondenza di una zona in generale morfologicamente stabile seppur con limitati punti caratterizzati dal delicato assetto geologico che comunque non interessano direttamente il tracciato di scavo.

Particolare cura dovrà essere posta in fase esecutiva alla gestione ed allontanamento delle acque meteoriche e di dilavamento affinché, la traccia degli scavi aperti, non possa costituire una via preferenziale di deflusso in corrispondenza dei tratti su substrato roccioso o di infiltrazione e dilavamento, in corrispondenza dei tratti in materiale sciolto, con conseguente peggioramento delle caratteristiche geotecniche dei terreni dei fronti di scavo,

Per quanto riguarda la stabilità degli scavi, nei tratti in roccia, dovrà essere valutata in fase esecutiva la possibilità di prevedere opere di contenimento e protezione in base al grado di fratturazione dell'ammasso.

Nei tratti di scavo in cui sarà presente materiale sciolto di copertura e riporto, al di sopra del substrato roccioso, dovranno essere sempre previste idonee misure di contenimento

delle pareti, considerato lo scarso grado di addensamento del materiale e la forte eterogeneità granulometrica del riporto.

Le opere di protezione degli scavi dovranno comunque essere sempre previste nei termini dalla normativa vigente in materia di sicurezza negli ambienti di lavoro: per i dettagli relativi alle strutture di contenimento degli scavi, si rimanda quindi al piano di coordinamento e sicurezza.

Il presente elaborato non prende in considerazione aspetti di valutazione di compatibilità idraulica in merito alle portate in uscita dalla condotta e come esse potranno modificare il regime idraulico della vallecola in cui saranno defluite.

Tali valutazioni di carattere idraulico dovranno essere eseguite in quanto le acque in uscita dalla condotta andranno ad aggiungersi a quelle provenienti dalla “Fontana Corrubbio” ed a valle saranno defluite nella rete di scolo nell’abitato di Pederiva in una area cartografata dalla Carta delle Fragilità del PAT comunale come “area esondabile e/o deflusso difficoltoso”.

Per quanto riguarda il punto di scarico, il terreno dovrà essere protetto, per un adeguato intorno, da fenomeni di erosivi causati dall’azione dell’acqua all’uscita della tubazione ed allo stesso modo si suggerisce di regimare il flusso delle acque fino al fondo della vallecola in modo da limitare fenomeni di ruscellamento e asporto materiale dalla parete della vallecola stessa e conseguente apporto a valle.

Quanto sopra al fine di limitare al minimo l’impatto delle acque sull’equilibrio idrogeologico della vallecola e dell’area immediatamente a valle, in località Pederiva.

Si può quindi concludere che il progetto risulti compatibile con l’area in esame: esso non andrà a modificare l’assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell’area e non andrà ad interferire con le fragilità evidenziate nel presente elaborato; fatte salve le indicazioni contenute nel presente elaborato e le normali pratiche per la corretta gestione del territorio in termini di difesa idraulica, di regolare manutenzione, monitoraggio e sistemazione dei pendii di versante.

Considerato che le informazioni stratigrafiche risultano ricavate da verifiche di tipo puntuale ed indiretto, la cui ubicazione è dipesa dall' assetto dei luoghi (riporti, strutture interrato ecc....), considerata la presenza di depositi superficiali di natura antropica ed un assetto geologico caratterizzato da una elevata eterogeneità nella distribuzione verticale ed orizzontale dei depositi si suggerisce, in fase esecutiva, di provvedere ad una verifica diretta dei terreni di scavo e tenere monitorato il loro comportamento geotecnico.

Borgoricco, giugno 2020

Dott. Geol. Sergio Drago



ALLEGATI:

- **UBICAZIONE INDAGINI IN SITO**
- **RAPPORTI DI PROVA PENETROMETRICA**
- **INTERPRETAZIONE PROVA PENETROMETRICA**

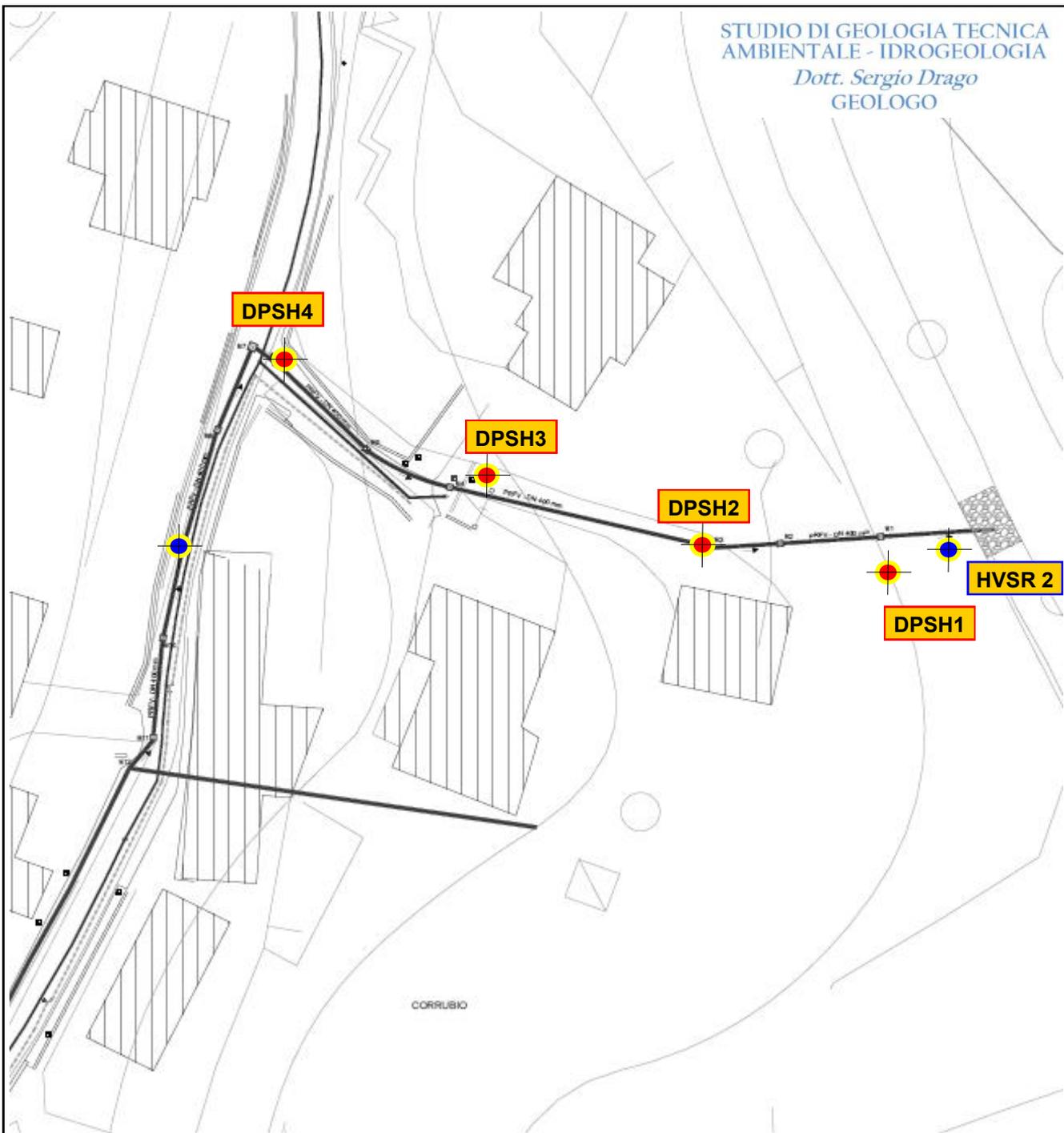


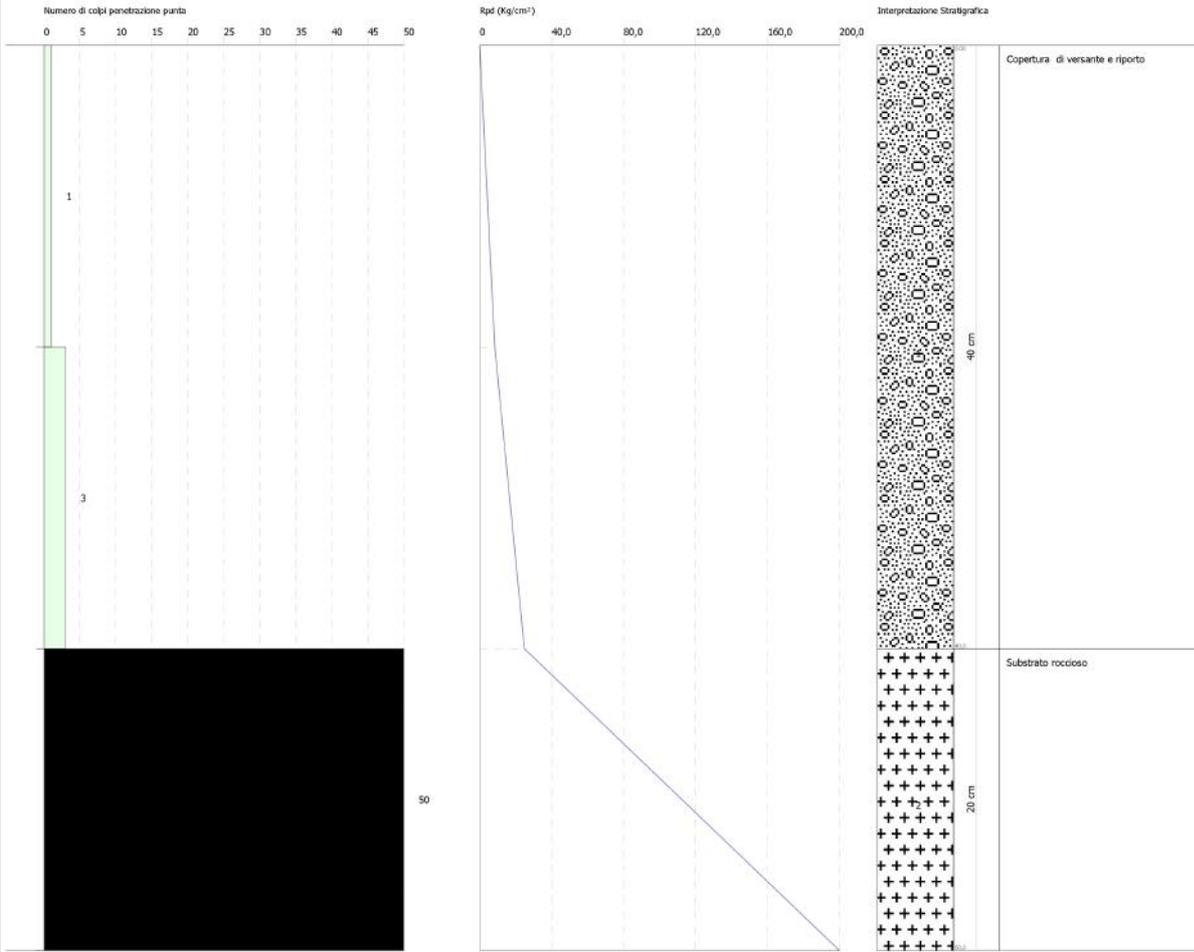
TAVOLA 1	COMUNE DI VAL LIONA (VI)
	INTERVENTO SULLA RETE METEORICA IN VIA CORRUBIO
	ESTRATTO DI PLANIMETRIA DELLO STATO DI PROGETTO CON UBICAZIONE PUNTI DI INDAGINE

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Comune di Via Liria
 Descrizione: Intervento su rete idraulica
 Località: Giancola - Via Cornabbio

Data: 14/05/2020

Scala 1:5

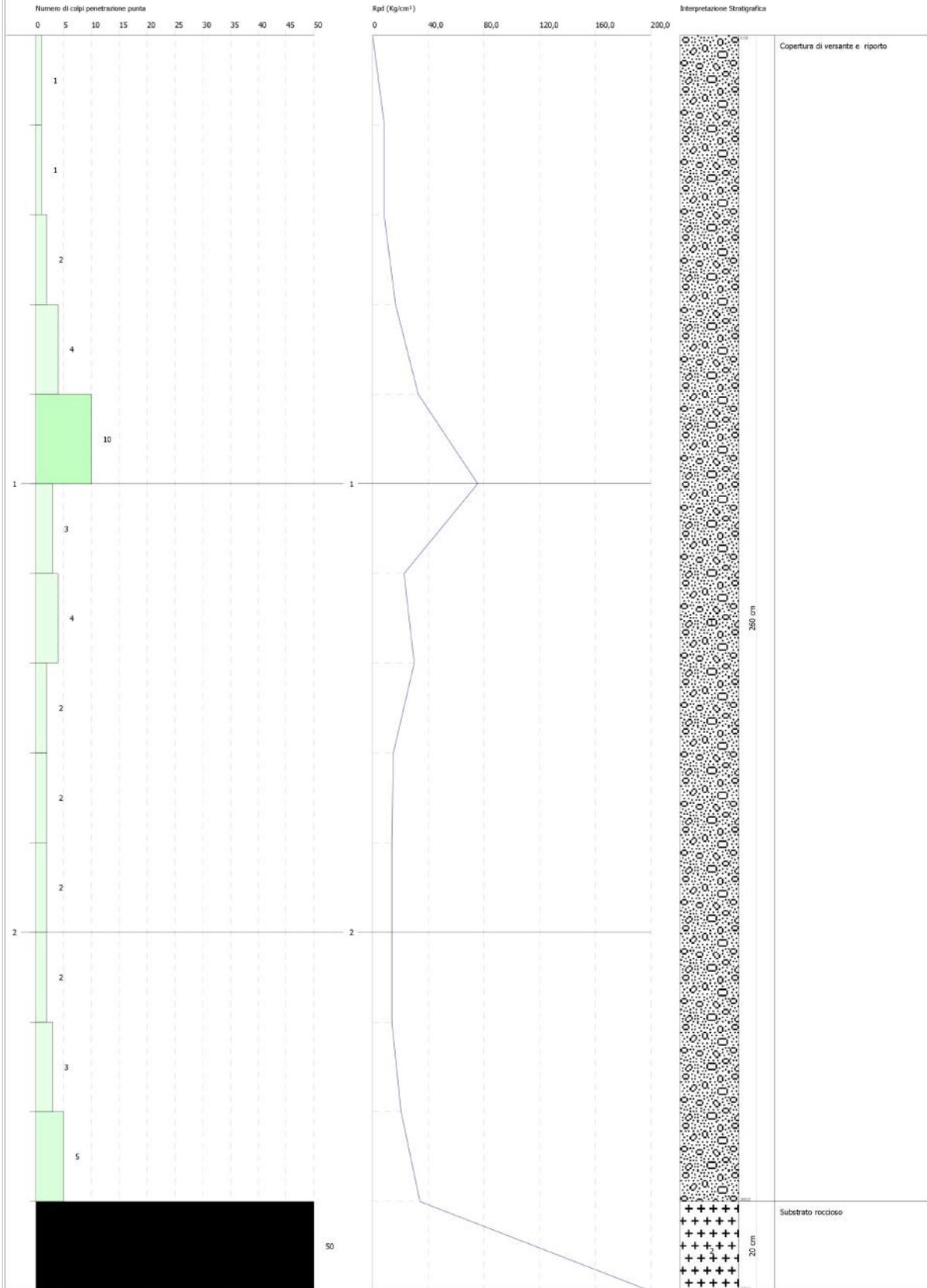


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 2
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Comune di Val Liana
 Descrizione: Intervento su rete meteorica
 Località: Graciosa - Via Comubio

Data: 14/05/2020

Scala 1:13

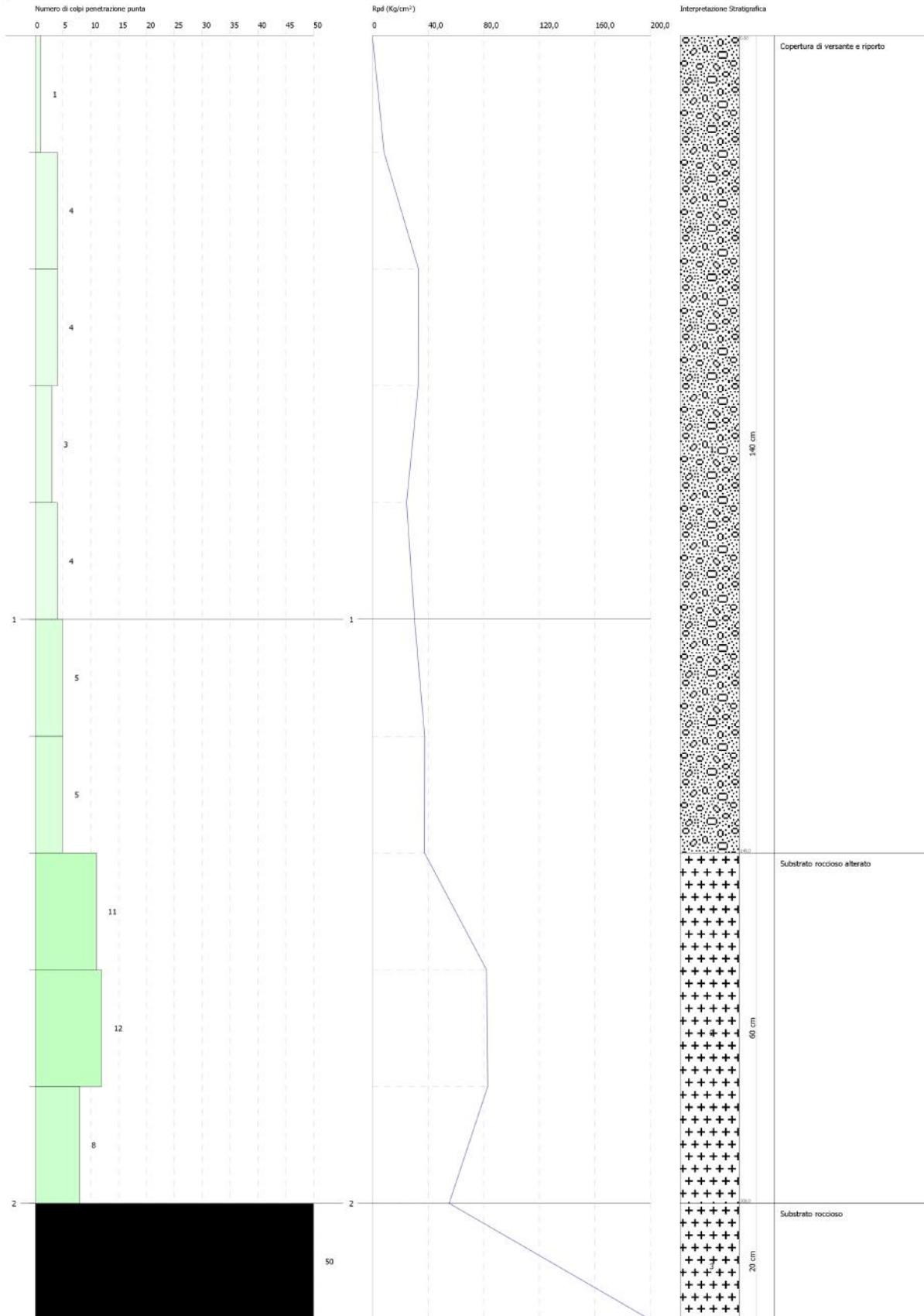


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 3
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Comune di Val Liana
 Descrizione: Intervento su rete meteorica
 Località: Grancino - Via Comabbio

Data: 14/05/2020

Scale 1:10

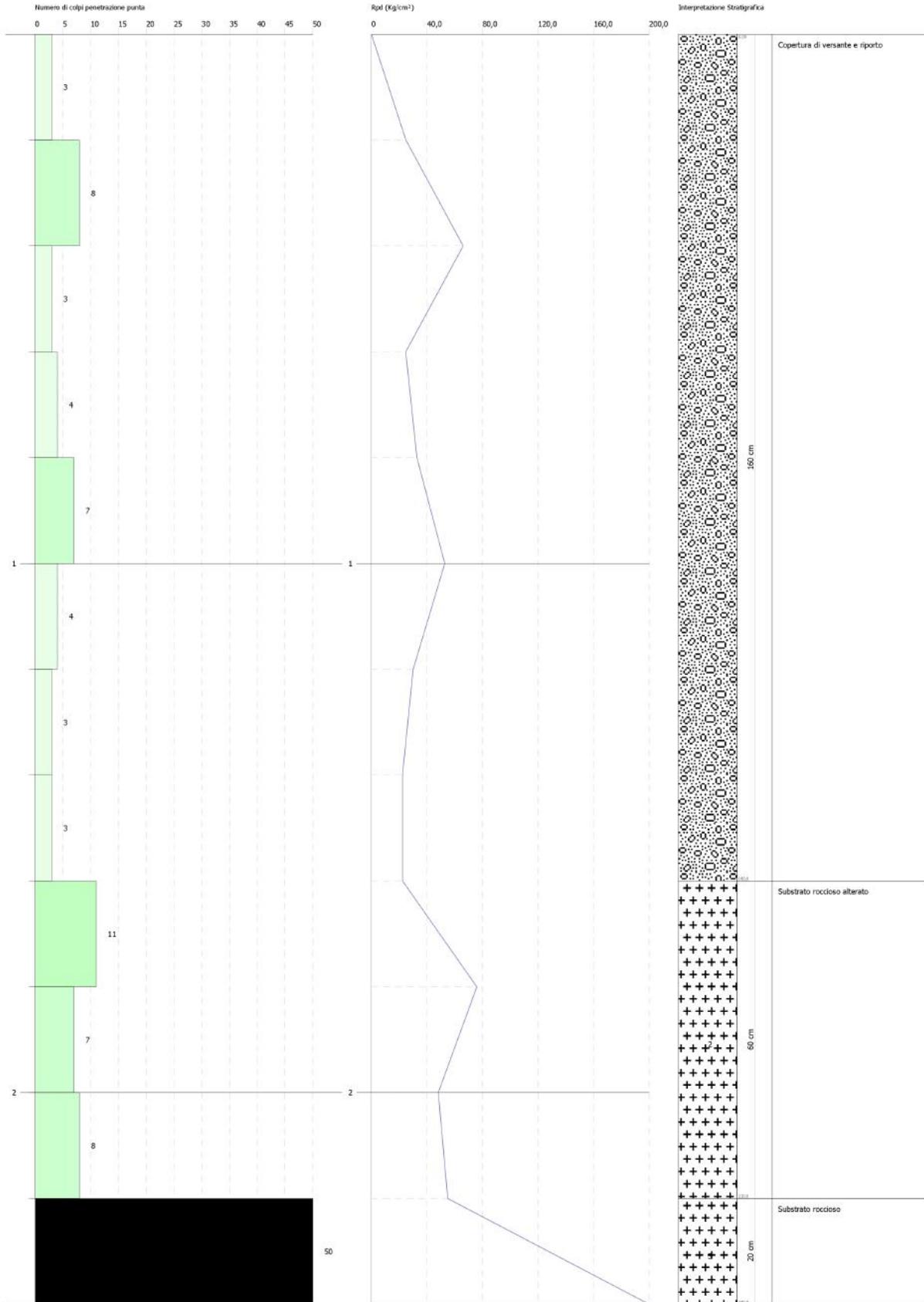


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 4
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Comune di Val Liana
 Descrizione: Intervento su rete idraulica
 Località: Grancona - Via Cornubio

Data: 14/05/2020

Scala 1:11



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Comune di Val Liona Descrizione: Posa nuova condotta Località: Grancona - Via Corrubbio	
--	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

(DYNAMIC PROBING)

DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi d) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);
- avanzamento (penetrazione) d ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	M ≤ 10	8
Medio	DPM (Medium)	10 < M < 40	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	40 ≤ M < 60	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	M ≥ 60	25

Penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento d = 10 cm, punta conica (a=60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento d = 10 cm, punta conica (a= 60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H=0.75 m, avanzamento d=30 cm, punta conica (a = 60°), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
 massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento d=20-30 cm, punta conica conica (a = 60°-90°) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt}. Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

- M peso massa battente.
- M' peso aste.
- H altezza di caduta.
- A area base punta conica.
- d passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

- R_{pd} resistenza dinamica punta (area A).
- e infissione media per colpo (d/ N).
- M peso massa battente (altezza caduta H).
- P peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (\text{Liao e Whitman 1986})$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

C_S parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

C_d funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).

C_r parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (+ s)

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (- s)

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $s_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione $d = 1$ m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt \text{ corretto}} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $s > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.

- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K₀)

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con Nspt < 8 , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). Cu (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5, per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (Cu-Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cm²) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con N_c = 20 e Q_c/N_{spt} = 2.
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cm²) (valori minimi), valida per argille NC .

- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt} = 6-12$).

Modulo Di Young (E_γ)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15 .
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA ... DPSH1

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 Prova eseguita in data 14/05/2020
 Profondità prova 0,60 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Media + scarto

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	1	0,855	8,31	9,72	0,42	0,49
0,40	3	0,851	24,80	29,15	1,24	1,46
0,60	50	0,647	314,37	485,89	15,72	24,29

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,4	3	36,9	Incoerente - coesivo	1,73	1,87	0,03	1,5	4,51	Copertura di versante e riporto
0,6	50	921,78	Incoerente	2,5	2,2	0,09	1,5	75,2	Substrato roccioso

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH 1

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm ²)
Strato (1) Copertura di versante e riporto	0,00-0,40	4,51	Coesivo Incoerente	1,73	1,87	<30	0,23	47,79	45,10	0,34	267,82
Strato (2) Substrato roccioso	0,40-0,60	75,2	Incoerente	1,96	2,21	>38	--	181,93	451,00	0,2	3771,88

PROVA ...DPSH 2

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
Prova eseguita in data 14/05/2020
Profondità prova 2,80 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Media + scarto

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	1	0,855	8,31	9,72	0,42	0,49
0,40	1	0,851	8,27	9,72	0,41	0,49
0,60	2	0,847	16,46	19,44	0,82	0,97
0,80	4	0,843	32,78	38,87	1,64	1,94
1,00	10	0,840	75,49	89,90	3,77	4,49
1,20	3	0,836	22,55	26,97	1,13	1,35
1,40	4	0,833	29,95	35,96	1,50	1,80
1,60	2	0,830	14,92	17,98	0,75	0,90
1,80	2	0,826	14,86	17,98	0,74	0,90
2,00	2	0,823	13,77	16,73	0,69	0,84
2,20	2	0,820	13,72	16,73	0,69	0,84
2,40	3	0,817	20,50	25,09	1,03	1,25
2,60	5	0,814	34,05	41,82	1,70	2,09
2,80	50	0,611	255,68	418,17	12,78	20,91

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2,6	5,44	53,4	Incoerente - coesivo	1,91	2,1	0,25	1,5	8,18	Copertura di versante e riporto
2,8	50	786,34	Incoerente	2,5	2,2	0,52	1,5	75,2	Substrato roccioso

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH 2

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm ²)
Strato (1) Copertura di versante e riporto	0,00-2,60	8,18	Coesivo Incoerente	1,91	2,10	<30	0,41	85,22	81,80	0,34	468,71
Strato (2) Substrato roccioso	2,60-2,80	75,2	Incoerente	1,96	2,21	>38	--	181,93	451,00	0,2	3771,88

PROVA ...DPSH 3

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
Prova eseguita in data 14/05/2020
Profondità prova 2,20 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Media + scarto

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	1	0,855	8,31	9,72	0,42	0,49
0,40	4	0,851	33,07	38,87	1,65	1,94
0,60	4	0,847	32,92	38,87	1,65	1,94
0,80	3	0,843	24,59	29,15	1,23	1,46
1,00	4	0,840	30,20	35,96	1,51	1,80
1,20	5	0,836	37,59	44,95	1,88	2,25
1,40	5	0,833	37,44	44,95	1,87	2,25
1,60	11	0,830	82,03	98,89	4,10	4,94
1,80	12	0,826	89,14	107,88	4,46	5,39
2,00	8	0,823	55,08	66,91	2,75	3,35
2,20	50	0,620	259,32	418,17	12,97	20,91

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1,4	4,99	65,59	Incoerente - coesivo	1,88	1,9	0,13	1,5	7,5	Copertura di versante e riporto
2	12,03	172,13	Incoerente	1,95	1,97	0,32	1,5	18,09	Substrato roccioso alterato
2,2	50	786,34	Incoerente	2,5	2,2	0,41	1,5	75,2	Substrato roccioso

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH 3

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm ²)
Strato (1) Copertura di versante e riporto	0,00-1,40	7,5	Coesivo Incoerente	1,88	1,90	<30	0,38	78,29	75,00	0,34	431,99
Strato (2) Substrato roccioso alterato	1,40-2,00	18,09	Incoerente	1,57	1,98	30-32	--	64,62	165,45	0,32	988,34
Strato (3) Substrato roccioso	2,00-2,20	75,2	Incoerente	1,96	2,21	>38	--	181,93	451,00	0,2	3771,88

PROVA ...DPSH 4

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 Prova eseguita in data 14/05/2020
 Profondità prova 2,40 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Media + scarto

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	3	0,855	24,92	29,15	1,25	1,46
0,40	8	0,851	66,14	77,74	3,31	3,89
0,60	3	0,847	24,69	29,15	1,23	1,46
0,80	4	0,843	32,78	38,87	1,64	1,94
1,00	7	0,840	52,84	62,93	2,64	3,15
1,20	4	0,836	30,07	35,96	1,50	1,80
1,40	3	0,833	22,46	26,97	1,12	1,35
1,60	3	0,830	22,37	26,97	1,12	1,35
1,80	11	0,826	81,71	98,89	4,09	4,94
2,00	7	0,823	48,19	58,54	2,41	2,93
2,20	8	0,820	54,87	66,91	2,74	3,35
2,40	50	0,617	258,07	418,17	12,90	20,91

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1,6	6,24	77,61	Incoerente - coesivo	1,95	2,14	0,16	1,49	9,3	Copertura di versante e riporto
2,2	10,37	140,91	Incoerente	1,9	1,95	0,37	1,5	15,6	Substrato roccioso alterato
2,4	50	786,34	Incoerente	2,5	2,2	0,45	1,51	75,7	Substrato roccioso

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH 4

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm ²)
Strato (1) Copertura di versante e riporto	0,00-1,60	9,3	Coesivo Incoerente	1,95	2,14	<30	0,47	96,65	93,00	0,34	528,79
Strato (2) Substrato roccioso alterato	1,60-2,20	15,6	Incoerente	1,55	1,96	30-32	--	59,51	153,00	0,32	859,91
Strato (3) Substrato roccioso	2,20-2,40	75,7	Incoerente	1,96	2,21	>38	--	182,95	453,50	0,2	3795,45